



TUGAS AKHIR – RE 141581

PERANCANGAN SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA GEDUNG PERKANTORAN (STUDI KASUS: “MIPA TOWER” ITS SURABAYA)

RIZKY RAISSHA YASMINE
3313100028

Dosen Pembimbing
Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERANCANGAN SISTEM PENGOLAHAN AIR
LIMBAH PADA GEDUNG PERKANTORAN (STUDI
KASUS: GEDUNG PERKANTORAN “MIPA
TOWER” ITS SURABAYA)**

RIZKY RAISSHA YASMINE
3313100028

Dosen Pembimbing
Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - RE 141581

**DESIGN OF THE WASTEWATER TREATMENT
SYSTEM OF AN OFFICE BUILDING (A CASE
STUDY: “THE MIPA TOWER” OFFICE
BUILDING ITS SURABAYA)**

RIZKY RAISSHA YASMINE
3313100028

Supervisor
Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA GEDUNG PERKANTORAN (STUDI KASUS: GEDUNG PERKANTORAN "MIPA TOWER" ITS SURABAYA

TUGAS AKHIR

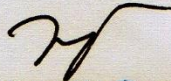
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RIZKY RAISSHA YASMINE

NRP 3313 100 028

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.

NIP : 19620816-199003 1 004



PERANCANGAN SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA GEDUNG PERKANTORAN “MIPA TOWER”

Nama Mahasiswa : Rizky Raisha Yasmine
NRP : 3313100028
Departemen : Teknik Lingkungan FTSP ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D.

ABSTRAK

Gedung perkantoran MIPA Tower, sebuah gedung bertingkat sebelas, yang terletak di wilayah Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, saat ini masih dalam tahap pembangunan. Gedung tersebut akan digunakan untuk ruang perkantoran, ruang kelas dan laboratorium. Dalam pengoperasian gedung, limbah domestik dan laboratorium akan dihasilkan. Air limbah domestik dan laboratorium mengandung senyawa – senyawa yang dapat mencemari lingkungan. Perancangan sistem pengolahan air limbah domestik dan laboratorium dilaksanakan pada tugas akhir ini. Sistem ini terdiri dari bak netralisasi, *grease trap*, bak ekualisasi, *anaerobic filter*, dan filter menggunakan karbon aktif dan pasir silika.

Langkah – langkah dalam perancangan ialah (i) mengumpulkan data primer dan sekunder, (ii) menghitung perancangan teknik, (iii) menggambar *Detailed Engineering Design (DED)*, dan (iv) menghitung volume kerja dan rencana anggaran biaya.

Kesimpulan dari perancangan ini ialah unit pengolahan akan mengolah campuran air limbah domestik dan laboratorium. Dimensi dari masing – masing unit ialah (i) bak netralisasi ($\varnothing = 0,65$ m, H = 0,43 m), (ii) *grease trap* (4 m x 2 m x 1 m), (iii) bak ekualisasi (10,5 m x 5,5 m x 2,5 m), (iv) tangki septik (4,5 m x 4 m x 2,5 m), (v) *anaerobic filter* 6 kompartemen (2,25 m x 4 m x 2,5 m) dan (vi) filter dengan tinggi karbon aktif 50 cm, pasir silika 150 cm, gravel 10 cm, dan diameter tangki 1,5 m. Anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan dan operasi unit – unit

pengolahan, masing – masing sebesar Rp 743.275.675 dan Rp 4.882.687,99.

Kata kunci: anaerobik filter, domestik, laboratorium, gedung perkantoran, air limbah.

DESIGN OF THE WASTEWATER TREATMENT SYSTEM OF OFFICE BUILDING (CASE STUDY: “MIPA TOWER” OFFICE BUILDING)

Student Name : Rizky Raishsha Yasmine
NRP : 3313100028
Department : Environmental Engineering
Faculty of Civil Engineering and Planning ITS
Supervisor : Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D.

ABSTRACT

The MIPA Tower office building, an eleven-storey building, which is located in the area of Sepuluh Nopember Institute of Technology Surabaya, is under construction. The building will be utilized for offices, classrooms, and laboratories. In the operation of the building, domestic and laboratory wastewater will be produced. This wastewater contains compounds that can pollute the environment. A design of domestic and laboratory wastewater treatment system is conducted in this final project. The system comprises of a netralization tank, a grease trap, an equalization tank, an anaerobic filter, and an activated carbon and silica sand filter.

The steps of the design are (i) collecting primary data and secondary data, (ii) calculating of engineering design, (iii) drawing the Detailed Engineering Design (DED), and (iv) calculating of bill of quantity and budget.

The conclusion of this design is that the treatment plant will treat a mixture of domestic and laboratory wastewater. The dimension of each unit is as follows: (i) the netralization tank ($\varnothing = 0.65$ m, $H = 0.43$ m), (ii) the grease trap (4 m x 2 m x 1 m), (iii) the equalization tank (10.5 m x 5.5 m x 2.5 m), (iv) the septic tank (4.5 m x 4 m x 2.5 m), (v) the six-compartment anaerobic filter (2.25 m x 4 m x 2.5 m), and (vi) the filter with activated carbon ($H = 50$ cm), silica sand ($H = 150$ cm), gravel ($H = 10$ cm), with the diameter of the tank is 1.5 m. The cost budget required for the construction and

operation of processing units, amounting to Rp 743,275,675 and Rp 4,882,687.99, respectively.

Keywords: *anaerobic filter, domestic, laboratory, office building, wastewater.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya tugas akhir perencanaan ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Tugas "Perancangan Sistem Pengolahan Air Limbah Gedung Perkantoran (Studi Kasus: Gedung Perkantoran "Mipa Tower" ITS Surabaya)" dibuat dalam rangka memenuhi mata kuliah Tugas Akhir. Dalam penyusunan laporan ini, penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk dan pencerahan selama pengerjaan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir Mohammad Razif, M.M., Ibu Ir. Atiek Moesriati M.Kes., dan Ibu Bieby Voijant Tangahu, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji.
3. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Lingkungan ITS, yang telah memberikan ilmu dan nasihatnya selama kuliah.
4. Bapak, Ibu dan adik saya yang saya sayangi, yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa.
5. Pihak Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) yang telah mengizinkan saya melakukan tugas akhir disana.
6. Teman – teman Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan ITS.
7. Teman-teman angkatan 2013 yang telah memberi semangat agar tugas ini dapat selesai tepat waktu.

Penyusunan laporan ini tentunya masih terdapat kesalahan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan. Semoga tugas ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Juli 2017

Penyusun

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Perencanaan	2
1.4. Ruang Lingkup	3
1.5. Manfaat Perancangan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Gambaran Umum Gedung Perkantoran “MIPA TOWER” ..	5
2.2. Air Limbah	6
2.2.1.Karakteristik Air Limbah	7
2.2.2.Sumber Air Limbah	11
2.2.3.Penentuan Debit Air Limbah.....	12
2.3. Air Limbah Domestik	13
2.3.1.Kualitas Air Limbah Domestik Non Rumah Tangga.....	14
2.4. Air Limbah Laboratorium	16
2.4.1.Kualitas Air Limbah Laboratorium.....	17
2.5. Pengolahan Air Limbah	17
2.5.1.Pre Treatment Limbah Laboratorium	18
2.5.2.Sistem Pengolahan Anaerobik	19
2.5.3.Unit – Unit Pengolahan Air Limbah.....	21
2.5.4.Filtrasi.....	24
2.5.5.Adsorpsi	25
2.5.6.Karbon Aktif	27
2.6. Perhitungan Grease Trap, Bak Ekualisasi, Tangki Septik Terintegrasi Anaerobic Filter, dan Filter.....	28
2.7. Peraturan dan Standar	44
2.8. Penelitian Terdahulu	45
BAB 3 METODE PERANCANGAN	47
3.1. Kerangka Perancangan.....	47

3.2. Uraian Tahapan Kegiatan Perancangan	48
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1. Debit Pemakaian Air Bersih.....	53
4.2. Pre Treatment Air Limbah Laboratorium	54
4.2.1. Debit Air Limbah Laboratorium	55
4.2.2. Kualitas Air Limbah Laboratorium	55
4.2.3. Perhitungan Unit Pre Treatment Air Limbah Laboratorium.....	58
4.3. Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik dan Laboratorium	66
4.3.1. Debit Air Limbah Domestik	66
4.3.2. Kualitas Air Limbah Domestik	66
4.3.3. Debit dan Kualitas Campuran Air Limbah Domestik dengan Laboratorium	68
4.3.4. Perhitungan Unit Pengolahan	71
4.4. Mass Balance.....	102
4.5. Bill of Quantity (BOQ).....	107
4.6. Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	119
BAB 5 PENUTUP	129
5.1. Kesimpulan.....	129
5.2. Saran	129
DAFTAR PUSTAKA	131

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Denah Lantai Empat.....	6
Gambar 2.2	Skema Pengolahan Kimiawi	18
Gambar 2.3	Proses Fermentasi pada Proses Anaerobik	20
Gambar 2.4	Anaerobic Biofilter	23
Gambar 2.5	Diagram Inflow Mass	31
Gambar 2.6	BOD Mass Loading Bak Ekualisasi	33
Gambar 2.7	COD Removal Tangki Septik.....	35
Gambar 2.8	Hubungan Efisiensi Removal BOD dan COD	36
Gambar 2.9	Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Temperatur pada Anaerobic Filter	37
Gambar 2.10	Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Kualitas Air Limbah pada Anaerobic Filter.....	38
Gambar 2.11	Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Temperatur pada Anaerobic Filter	39
Gambar 2.12	Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Hydraulic Retention Time pada Anaerobic Filter ..	40
Gambar 2.13	Reduksi Lumpur dengan Masa Simpan	42
Gambar 3.1	Skema Kerangka Perancangan.....	48
Gambar 4.1	Alur Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Laboratorium	70
Gambar 4.2	Kebutuhan Volume Bak Ekualisasi.....	79
Gambar 4.3	Alur Keseimbangan Massa Air Limbah Laboratorium.....	109
Gambar 4.4	Detail Alur Keseimbangan Massa Tangki Septik dan Anaerobic Filter.....	110

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Fasilitas dan Luas Lantai Gedung Perkantoran MIPA TOWER	5
Tabel 2.2	Tingkat Pemakaian Air Fasilitas Domestik Non Rumah Tangga	13
Tabel 2.3	Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga di Daerah Jakarta	15
Tabel 2.4	Kekuatan Limbah dalam Hal BOD ₅ dan COD.....	15
Tabel 2.5	Contoh Karakteristik Air Limbah Laboratorium	17
Tabel 2.6	Volume Debit Kumulatif	29
Tabel 2.7	Volume Setiap Waktu dan Massa BOD Terekualisasi	32
Tabel 2.8	Perhitungan Anaerobic Filter dengan Tangki Septik.....	34
Tabel 2.9	Baku Mutu Effluen Air Limbah Laboratorium dan Klinik.....	44
Tabel 2.10	Penelitian Terdahulu.....	45
Tabel 4.1	Pemakaian Air Bersih ITS	53
Tabel 4.2	Pemakaian Air Bersih FMIPA ITS.....	54
Tabel 4.3	Kualitas Air Limbah Laboratorium.....	56
Tabel 4.4	Kualitas Air Limbah Laboratorium setelah Pengenceran	57
Tabel 4.5	Dimensi Bak Netralisasi dan Bak Pembubuh	63
Tabel 4.6	Data Kualitas Air Limbah Domestik	67
Tabel 4.7	Kualitas Air Limbah Domestik dan Laboratorium.....	68
Tabel 4.8	Dimensi Grease Trap dan Bak Kontrol	73
Tabel 4.9	Persentase Fluktuasi Pemakaian Air Bersih.....	75
Tabel 4.10	Fluktuasi Produksi Air Limbah	76
Tabel 4.11	Kumulatif Debit Produksi Air Limbah	77
Tabel 4.12	Dimensi Bak Ekualisasi	82
Tabel 4.13	Dimensi Tangki Septik.....	92
Tabel 4.14	Dimensi Anaerobic Filter	92
Tabel 4.15	Mass Balance pada Bak Netralisasi	104
Tabel 4.16	Mass Balance pada Grease Trap	104
Tabel 4.17	Mass Balance pada Bak Ekualisasi.....	105
Tabel 4.18	Mass Balance pada Tangki Septik	106
Tabel 4.19	Mass Balance pada Anaerobic Filter	106

Tabel 4.20 Mass Balance pada Filter	107
Tabel 4.21 Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK)	120
Tabel 4.22 Rencana Anggaran Biaya Unit – Unit Pengolahan .	125
Tabel 4.23 Konsumsi Listrik	126

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Tabel Perhitungan Tangki Septik dan <i>Anaerobic Filter</i>	137
LAMPIRAN B	Harga Satuan Pokok Kegiatan Kota Surabaya .	139
LAMPIRAN C	Detailed Engineering Design Unit Pengolahan .	140

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan secara vertikal merupakan pembangunan gedung bertingkat yang memiliki berbagai fungsi, mulai dari permukiman hingga kepentingan komersial, seperti perkantoran, yang akan menghasilkan limbah cair berupa *grey water* maupun *blackwater*.

Gedung perkantoran MIPA Tower yang terletak di wilayah Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Kota Surabaya merupakan suatu gedung bertingkat sebelas yang saat ini masih dalam tahap pembangunan, dimana selain sebagai perkantoran gedung tersebut juga diperuntukkan sebagai ruang kelas dan laboratorium, yang akan menghasilkan air limbah domestik dan laboratorium. Akan tetapi, hingga saat ini gedung perkantoran tersebut belum memiliki unit pengolahan air limbah.

Air limbah domestik dari kegiatan mandi, cuci, dan kakus masih dibuang begitu saja ke dalam saluran drainase yang seharusnya untuk air hujan oleh sebagian besar masyarakat. Bahkan limbah domestik padat sering juga dibuang ke badan air (sungai). Akibatnya banyak jenis penyakit yang muncul secara epidemik maupun endemik melalui perantara air. Penyakit yang timbul melalui perantara air disebut water born disease (Sasongko, 2006). Di Kota Surabaya sendiri, belum terdapat suatu pengolahan air limbah kota secara terpusat, sehingga pengolahan air limbah secara setempat masih menjadi pilihan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Selain air limbah domestik, terdapat juga air limbah laboratorium. Air limbah laboratorium ini sangatlah kompleks sifatnya, terdiri dari sisa-sisa bahan kimia yang selesai digunakan, air bekas cucian peralatan maupun sisa-sisa sampel yang diuji, ada yang merupakan senyawa organik maupun anorganik, ada yang bersifat basa maupun asam, iritatif, reaktif dan logam berat yang bersifat racun (Hartini *et al.*, 2011).

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, maka perlu adanya tindakan, salah satunya melalui suatu perancangan sistem pengolahan air limbah dengan unit *Anaerobic Filter* dengan *pre*

treatment. Sasse (1998) menyatakan bahwa *Anaerobic Filter* merupakan unit yang sesuai untuk seluruh air limbah industri yang memiliki kandungan *suspended solid* rendah. Sedangkan *pre treatment* ditujukan bagi air limbah laboratorium, karena kandungan air limbah laboratorium yang kompleks dan memungkinkan mengandung bahan yang berbahaya bagi mikroorganisme pada pengolahan secara biologis.

Tugas akhir ini berfokus kepada rancangan sistem pengolahan air limbah domestik dan laboratorium dengan unit bak netralisasi, *grease trap*, bak ekualisasi, tangki septik, *anaerobic filter* dan tangki filter, sehingga limbah yang dihasilkan tersebut kualitasnya memenuhi baku mutu seperti tercantum pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan / atau Kegiatan Usaha Lainnya Bagi industri sebelum dibuang ke badan air.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari perencanaan tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana sistem pengolahan air limbah dengan bak netralisasi, *grease trap*, bak ekualisasi, tangki septik, *anaerobic filter* dan filter karbon aktif untuk gedung perkantoran MIPA Tower ITS Surabaya agar memenuhi syarat baku mutu *effluen*?
2. Bagaimana volume pekerjaan (*bill of quantity*) dan rancangan anggaran biaya yang diperlukan untuk sistem pengolahan air limbah yang direncanakan?

1.3. Tujuan Perencanaan

Tujuan dari perencanaan tugas akhir ini adalah:

1. Merencanakan sistem pengolahan air limbah dengan unit bak netralisasi, *grease trap*, bak ekualisasi, tangki septik, *anaerobic filter* dan filter bagi gedung perkantoran MIPA Tower ITS Surabaya.
2. Menentukan besarnya volume pekerjaan (*bill of quantity*) dan rancangan anggaran biaya dari sistem pengolahan air limbah gedung perkantoran MIPA Tower ITS Surabaya.

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam perencanaan tugas akhir ini adalah:

1. Objek studi kasus perencanaan adalah Gedung Perkantoran MIPA Tower.
2. Aspek yang akan ditinjau pada perancangan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah Gedung Perkantoran MIPA Tower meliputi aspek teknis dan aspek finansial.
3. Parameter kualitas air limbah yakni BOD, COD, TSS, fenol, nitrogen, fosfat, minyak dan lemak, serta pH.
4. Dalam perancangan pada gedung perkantoran MIPA Tower ITS Surabaya, akan dirancang desain sistem IPAL yakni menggunakan unit bak netralisasi, *grease trap*, bak ekualisasi, tangki septik, *anaerobic filter* dan filter.
5. Desain dua unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) setempat gedung perkantoran, meliputi:
 - a) Pengolahan menggabungkan air limbah domestik dengan air limbah laboratorium.
 - b) Perhitungan debit (Q) air limbah *influen*.
 - c) Pengukuran karakteristik dan kualitas air limbah.
 - d) Penentuan dan perhitungan unit bangunan pengolahan air limbah.
 - e) Perhitungan struktur dan konstruksi bangunan tidak termasuk dalam lingkup tugas akhir ini.
 - f) Gambar teknik unit pengolahan air limbah.
 - g) *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB).
6. Baku mutu effluen air limbah yang digunakan adalah Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 tentang baku mutu laboratorium dan klinik.
7. Perhitungan rancangan anggaran biaya menggunakan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2016.

1.5. Manfaat Perancangan

Manfaat dari perencanaan tugas akhir ini adalah:

1. Menjadi pertimbangan dalam pengadaan IPAL serta kinerja sistem unit IPAL gedung perkantoran sehingga air limbah yang dihasilkan sesuai dengan baku mutu.
2. Menjaga kualitas badan air yang menjadi tempat pembuangan effluen dari gedung perkantoran tersebut.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gambaran Umum Gedung Perkantoran “MIPA TOWER”

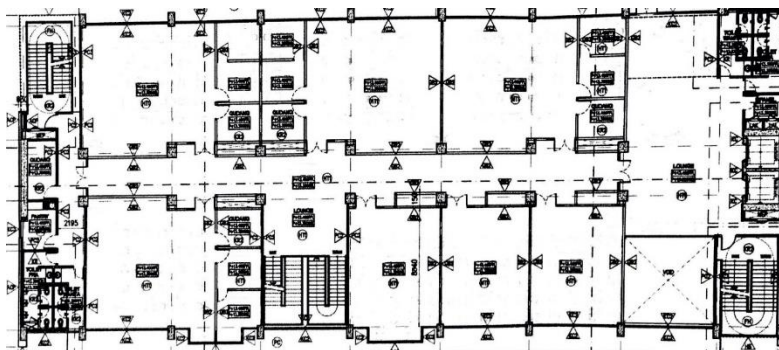
Gedung Perkantoran “MIPA Tower” merupakan gedung bertingkat sebelas yang terletak di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Kota Surabaya dan masih dalam tahap pembangunan, dengan total luas bangunan sebesar 17.460 m² yang uraian pada masing – masing lantai dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Fasilitas dan Luas Lantai Gedung Perkantoran MIPA TOWER

Lantai	Luas Lantai (m ²)	Fasilitas
Dasar	2210	Parkir mobil dan <i>lobby</i>
1	2210	Ruang seminar, <i>toilet</i> , <i>pantry</i> dan kantor
2	1600	Laboratorium, <i>lounge</i> , <i>toilet</i> , <i>pantry</i> dan tempat beribadah
3	1425	Laboratorium, ruang kelas, <i>toilet</i> , <i>pantry</i> dan <i>lounge</i>
4	1430	
5	1438	
6	1425	
7	1432	
8	1430	Laboratorium, <i>toilet</i> , <i>pantry</i> dan kantor
9	1430	
10	1430	<i>Toilet</i> , <i>pantry</i> dan ruang profesor

Sumber: Sarana, dan Prasarana ITS, 2016

Gedung Perkantoran “MIPA Tower” memiliki fasilitas *toilet*, *pantry*, gudang, *lift*, dan tangga dengan tata letak yang sama di setiap lantainya. Dari rencana pembangunan yang dimiliki hingga saat ini, Gedung Perkantoran “MIPA Tower” diketahui belum memiliki perencanaan fasilitas pengolahan air limbah yang memadai, yang direncanakan hanya berupa tangki septik untuk mengolah produksi air limbah *grey water* dan *blackwater*. Untuk contoh denah Gedung Perkantoran MIPA Tower dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Denah Lantai Empat

(Sumber: Sarana dan Prasarana ITS, 2016)

Terdapat total 28 laboratorium yang akan beroperasi di gedung tersebut dengan uraian: 4 laboratorium jurusan kimia, 4 laboratorium jurusan biologi, 4 laboratorium jurusan fisika, 4 laboratorium jurusan matematika, 4 laboratorium jurusan statistika dan 8 laboratorium kantor.

2.2. Air Limbah

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Sedangkan menurut Tchobanoglous, *et al* (2003), yang dimaksud air limbah (*wastewater*) adalah kombinasi dari cairan dan sampah–sampah (air yang berasal dari daerah permukiman, perdagangan, perkantoran, dan industri)

bersama-sama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada.

2.2.1. Karakteristik Air Limbah

Limbah domestik perkotaan mengandung lebih dari 99,9% air. Material lainnya berupa senyawa organik dan anorganik tersuspensi dan terlarut serta mikroorganisme. Material ini memberikan kualitas fisik, kimia, dan biologis yang merupakan karakteristik dari limbah domestik dan industri. Kualitas fisik limbah perkotaan mencakup suhu, warna, bau dan kekeruhan (Qasim, 1991). Santoso (2015) menyatakan, bahwa karakteristik biologis limbah cair biasanya dipengaruhi oleh kandungan mikroorganisme dalam limbah cair tersebut. Sedangkan berdasarkan karakter kimianya, senyawa kimia yang terkandung dalam air limbah terdiri dari tiga golongan, yaitu:

- Senyawa organik (protein, karbohidrat, lemak)
- Senyawa anorganik (nitrogen, fosfat, sulfat)
- Gas

Karakteristik air limbah yang menjadi perhatian dalam perancangan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah Gedung Perkantoran “MIPA Tower” ITS Surabaya ini meliputi BOD, COD, TSS, fenol, nitrogen, fosfat, minyak dan lemak, serta pH yang sesuai dengan parameter baku mutu dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Laboratorium dan Klinik.

A. Biochemical Oxygen Demand

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan parameter yang umum digunakan dalam menunjukkan tinggi rendahnya tingkat pencemaran limbah industri dan domestik (Qasim, 1991). Effendi (2003) dalam Cordova (2008) menambahkan, BOD hanya menggambarkan bahan organik yang dapat terdekomposisi secara biologis (*biodegradable*). Bahan organik ini berupa lemak, protein, kanji (*starch*), glukosa, aldehida, ester dan sebagainya. BOD dari air limbah domestik hasil kegiatan rumah tangga menurut Mukhtasor (2007) dalam Cordova (2008) menyumbang 50-75% BOD yang terdapat di sungai sebagai badan air penerima, sisanya (25-50%) berasal dari limbah industri. Sehingga dapat dikatakan

bahwa bahan organik hasil kegiatan rumah tangga yang dibuang langsung ke badan air penerima juga besar (Cordova, 2008). Penentuan kandungan parameter BOD di dalam air limbah dapat ditentukan menggunakan metode uji BOD. Uji BOD merupakan salah satu uji terpenting dalam pengawasan aktivitas pencemaran sungai. Nilai BOD ini juga dipakai untuk mengukur kemelimpahan limbah organik dalam upaya perencanaan perlakuan biologis dan evaluasi efisiensi sistem perlakuan penanggulangan limbah organik (Fachrurozi, *et al*, 2010).

B. Chemical Oxygen Demand

Wardhana (2001) dalam Fachrurozi, *et al* (2010) menyebutkan bahwa yang dimaksud dengan *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan buangan yang ada dalam air yang dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Pengukuran COD ini diperlukan untuk mengukur kebutuhan oksigen terhadap zat organik yang sukar dihancurkan secara oksidasi (Fachrurozi, *et al*, 2010). Sasse (1998) mengatakan bahwa jika konsentrasi COD lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi BOD, harus dilakukan pemeriksaan keberadaan substansi toksik atau yang bersifat (*non-biodegradable*) pada air limbah. Sehingga dapat dikatakan bahwa COD dapat menentukan tingkat toksisitas suatu air limbah.

C. Total Suspended Solid

Total Suspended Solid (TSS) merupakan bahan-bahan tersuspensi dan tidak larut dalam air. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil daripada sedimen. Misalnya bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikro, tanah liat dan lain-lain (Fachrurozi, *et al*, 2010). Total padatan tersuspensi yang langsung dilepaskan ke dalam badan air dapat meningkatkan kekeruhan air dan ketika mengendap dapat merusak tempat berkembang biak hewan perairan (Qasim, 1991) yang ditambahkan Fardiaz (2000) dalam Fachrurozi, *et al* (2010), bahwa padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi cahaya atau sinar ke dalam air sehingga mempengaruhi oksigen dan fotosintesis.

D. pH

Nilai pH merupakan suatu indikator apakah cairan tertentu bersifat asam ($\text{pH} < 5$), basa ($\text{pH} > 9$) atau netral ($\text{pH} = 7$). Air limbah dengan pH asam atau basa cenderung sulit untuk diolah sehingga diperlukan suatu *pre treatment* netralisasi untuk menaikkan atau menurunkan pH. Kondisi tersebut berkaitan dengan proses pengolahan secara biologis karena nilai pH dapat mempengaruhi kinerja mikroorganisme.

E. Suhu

Suhu, atau temperatur, memiliki peran penting terhadap berlangsungnya proses pengolahan air limbah, baik pengolahan secara biologis maupun kimiawi, karena pertumbuhan bakteri meningkat seiring dengan meningkatnya suhu (Sasse, 1998). Tinggi rendahnya suhu air limbah juga tergantung kepada proses pengolahan yang berlangsung. Contohnya, untuk pengolahan biologis anaerobik, suhu air limbah yang dibutuhkan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan pengolahan biologis secara aerobik, dimana suhu antara 15°C sampai 40°C merupakan suhu yang cukup untuk proses pengolahan anaerobik sedangkan suhu 25°C sampai 35°C merupakan suhu yang paling ideal (Sasse, 1998).

F. Nitrogen

Nitrogen merupakan nutrisi yang menyebabkan pertumbuhan alga (*algae growth*) di badan air penerima, dan oleh karena itu kandungan nitrogen di dalam air limbah harus dihilangkan, atau minimal diturunkan hingga mencapai baku mutu, sebelum dibuang ke badan air. Penyisihan nitrogen, pada dasarnya terdiri dari dua tahap utama, yakni nitrifikasi yang diikuti dengan denitrifikasi (Sasse, 1998). Bentuk nitrogen yang paling umum dan penting di dalam air limbah ialah amonia (NH_3), amonium (NH_4^+), gas nitrogen (N_2), ion nitrit (NO_2^-) dan ion nitrat (NO_3^-) (Tchobanoglous, 2014).

G. Fosfat

Setiap senyawa fosfat terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi, atau terikat di dalam sel organisme dalam air (Puspitahati, 2012). Fosfat merupakan nutrisi tanaman, yang jika

dibuang begitu saja ke dalam badan air tanpa melalui proses pengolahan, dapat menyebabkan pertumbuhan alga secara pesat dan tidak terkendali akibat efek "*fertiliser type*" dari fosfat, disebut dengan eutrofikasi (Sidat, *et al*, 1999) akan tetapi jika kandungan fosfat terlalu rendah maka pertumbuhan tanaman akan terhambat. Penyisihan fosfat secara biologis lebih dipilih dibandingkan dengan penyisihan secara kimiawi, dikarenakan biaya yang lebih murah dan mengurangi masalah akan mineralisasi (Sidat, *et al*, 1999).

H. Fenol

Fenol merupakan senyawa organik yang memiliki sifat larut dalam air. Fenol telah dipilih sebagai model polutan karena merupakan salah satu bentuk yang paling umum dari polutan kimia beracun dan memiliki sifat *biodegradable* yang kecil dari kegiatan industri (Rubalcaba, *et al*, 2007). Toleransi maksimum untuk air limbah adalah 2 mg/L agar dapat dengan mudah diuraikan secara biologis (Tchobanoglous, *et al*, 2014). Kandungan MLSS memiliki korelasi dengan penyisihan fenol air limbah menggunakan biofilter, dimana semakin tinggi nilai MLSS maka semakin besar pula penyisihan fenol. Nilai MLSS 1000 mg/L memiliki penyisihan fenol 40% dan nilai MLSS 2000 mg/L memiliki penyisihan fenol 90,8% (Shookohi, *et al*, 2016).

I. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan senyawa organik yang bersifat *biodegradable* yang biasa terdapat di dalam air limbah. Akan tetapi, dikarenakan massa jenis nya yang lebih rendah daripada air menyebabkan minyak dan lemak akan terapung dan tidak dapat menyatu dengan air. Sifatnya yang lengket dan mengeras ketika dingin juga dapat menjadi momok dalam pengolahan air limbah, seperti menyumbat pipa saluran dan filter. Jika dibuang begitu saja ke dalam badan air dapat menimbulkan bau yang tidak sedap dan mengganggu badan air. Oleh karena itu, merupakan pilihan yang paling baik untuk memisahkan minyak dan lemak sebelum memasuki proses pengolahan biologis.

J. Deterjen

Deterjen, atau surfaktan (*surface-active agents*), merupakan molekul organik yang larut di dalam air dan menyebabkan busa

pada pengolahan air limbah maupun badan air tempat keluarnya effluen. Pada umumnya, deterjen terdiri dari kelompok hidrofobik kuat yang dipadukan dengan kelompok hidrofilik kuat (Tchobanoglous, 2014). Sebelumnya, produksi deterjen yang menggunakan *alkyl-benzene-sulfonate* (ABS) telah menimbulkan masalah akibat sifat ABS yang resisten terhadap degradasi secara biologis. Untuk mengatasi hal tersebut, penggunaan ABS dihentikan dan *linear-alkyl-sulfonate* (LAS) dipilih untuk menggantikan, karena sifatnya yang *biodegradable*.

2.2.2. Sumber Air Limbah

Menurut sumbernya, air limbah dapat dibagi menjadi tiga, yaitu:

- a. Air limbah domestik (rumah tangga) yang berasal dari perumahan, perdagangan, dan rekreasi
- b. Air limbah industri, dan
- c. Air limbah tambahan atau rembesan dan limpasan air hujan.

Sesuai dengan sumbernya maka limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi tergantung kepada bahan dan proses yang dialaminya (Sugiharto, 1987).

- a. Limbah domestik atau limbah rumah tangga terdiri dari pembuangan air kotor dari kamar mandi, kakus dan dapur. Kotoran-kotoran itu merupakan campuran dari zat-zat bahan mineral dan organik dalam banyak bentuk, termasuk partikel-partikel besar dan kecil, benda padat, sisa-sisa bahan-bahan larutan dalam keadaan terapung dan dalam bentuk koloid dan setengah koloid (Martopo, 1987).
- b. Air limbah industri merupakan air bekas pemakaian yang berasal dari daerah bukan pemukiman seperti wilayah industri, rumah sakit, laboratorium dan lain sebagainya. Air limbah industri berasal dari proses dan operasi industri tersebut. Jumlah aliran air limbah yang berasal dari industri sangat bervariasi tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, serta derajat pengolahan air limbah di industri yang bersangkutan. Untuk memperkirakan jumlah air limbah yang

dihasilkan oleh industri yang tidak menggunakan proses basah diperkirakan sekitar 50 m³/ha.hari. Sebagai patokan dapat dipergunakan pertimbangan 85-95% dari jumlah air yang dipergunakan adalah berupa air limbah apabila industri tersebut tidak menggunakan kembali air limbah. Namun jika sebagian air limbah dimanfaatkan kembali, maka jumlah yang dibuang akan lebih kecil lagi (Sugiharto, 1987).

Berdasarkan penjelasan mengenai sumber air limbah, air limbah yang dihasilkan oleh gedung perkantoran dapat diklasifikasikan ke dalam jenis air limbah domestik.

2.2.3. Penentuan Debit Air Limbah

Besarnya debit air limbah yang dihasilkan dapat ditentukan dengan memperhatikan:

1. Sumber air limbah.
2. Besarnya pemakaian air bersih.
3. Curah hujan, daya serap dan keadaan air tanah.

Dari hasil perkiraan besarnya debit penggunaan air bersih untuk rumah tangga tidak keseluruhannya akan mengalir sebagai air limbah. Kehilangan ini terjadi karena adanya evaporasi, penyiraman tanaman, minum, dan lain – lain. Menurut Pratiwi dan Purwanti (2015), perhitungan debit air limbah berdasarkan pada konsumsi air bersih per orang per hari. Besarnya air bersih yang akan menjadi air limbah tersebut diperkirakan sebanyak 70% hingga 80% dari penggunaan air bersih. Untuk mencari besarnya debit air limbah domestik dapat digunakan rumus:

- Debit air limbah rata-rata (Q_r)

$$Q_r = 80\% \times Q_d$$

Keterangan :

- Q_r = Debit air limbah domestik (L/det)
- 80% = Faktor air buangan
- Q_d = Kebutuhan air bersih (L/detik)

Air limbah yang dihasilkan gedung perkantoran merupakan air limbah domestik non rumah tangga. Menurut Iskandar, *et al* (2016), air limbah domestik non rumah tangga merupakan air limbah non rumah tangga yang masuk katagori domestik dan bisa

diolah bersama dengan air limbah rumah tangga. Menurut SK-SNI Air Minum (2000), kebutuhan air domestik (Q_d) untuk fasilitas domestik non rumah tangga dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Tingkat Pemakaian Air Fasilitas Domestik Non Rumah Tangga

No	Domestik Non Rumah Tangga	Tingkat Pemakaian Air	Satuan	Debit Air Limbah (ltr/equivalen orang/hari)
1	Sekolah	10	Liter/murid.hari	8
2	Rumah Sakit	200	Liter/bed.hari	160
3	Puskesmas (tidak rawat inap)	2000	Liter/hari	1600
4	Masjid	3000	Liter/hari	2400
5	Kantor	10	Liter/karyawan.hari	8
6	Pasar	12000	Liter/hektar.hari	9600
7	Hotel/Losmen	150	Liter/bed.hari	120
8	Rumah Makan	100	Liter/kursi.hari	80
9	Komplek Militer	60	Liter/orang.hari	48

Sumber: SK-SNI Air Minum (2000)

**Digunakan asumsi debit air limbah = 80% debit pemakaian air minum*

2.3. Air Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah limbah cair yang berasal dari masyarakat urban termasuk di dalamnya limbah kota. Sumber air limbah domestik adalah seluruh buangan cair yang berasal dari buangan rumah tangga yang meliputi: limbah domestik cair yakni buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian, dan lainnya (Yudo dan Setiyono, 2008). Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari air buangan rumah tangga termasuk hotel, losmen, rumah sakit, apartemen, pasar, perkantoran, sekolah, fasilitas sosial serta daerah komersial (Widayat, 2009). Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, yang

dimaksud dengan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama.

Pada umumnya limbah domestik mengandung padatan (solid) yang berupa tinja dan limbah cair yang berasal dari kegiatan rumah tangga. Hasil penelitian Flint (1992) dalam Santoso (2014) antara lain menginformasikan bahwa komposisi limbah domestik adalah lemak (33%), protein (25%), selulosa (8%), pati (8%), lignin (6%), abu (20%) dengan nilai BOD berkisar antara 275 – 3000 ppm. Air limbah domestik umumnya mengandung senyawa polutan organik yang cukup tinggi, dan dapat diolah dengan proses pengolahan secara biologis (Yudo dan Setiyono, 2008). Air limbah domestik limbah dapat juga mengandung organisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit dan nutrisi terutama unsur P dan N yang dapat menyebabkan eutrofikasi sehingga harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke dalam badan air. Di negara-negara berkembang termasuk Indonesia, pencemaran domestik merupakan jumlah pencemar terbesar (85%) yang masuk ke badan air. Sedang di negara-negara maju, pencemar domestik merupakan 15% dari seluruh pencemar yang memasuki badan air (Sasongko, 2006). Kandungan dalam air limbah domestik tersebut diperlukan untuk menentukan metode pengolahan manakah yang dapat digunakan.

2.3.1. Kualitas Air Limbah Domestik Non Rumah Tangga

Kualitas suatu air limbah akan dapat terindikasi dari kualitas parameter kunci, dimana konsentrasi parameter kunci tidak melebihi dari standar baku mutu yang ada sesuai dengan peraturan perundang - undangan yang berlaku (Santoso, 2015). Kekuatan air limbah seringkali dinilai berdasarkan kandungan konsentrasi BOD₅ (senyawa organik) atau COD (Mara, 1978).

Dalam jurnalnya, Widayat (2009) menyatakan bahwa konsentrasi parameter senyawa pencemar sangat bervariasi, hal ini tergantung pada jenis sumber air limbahnya. Karakteristik air limbah rumah tangga (contoh daerah: Jakarta) dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga di Daerah Jakarta

No	Parameter	Konsentrasi	No	Parameter	Konsentrasi
1	BOD - mg/L	27,61 - 190,59	10	Zat padat tersuspensi - mg/L	17 - 239,5
2	COD - mg/L	138,68 - 591,24	11	Detergen (MBAS) - mg/L	0,18 - 29,99
3	Angka permanganat (KMnO ₄ - mg/L)	64,6 - 256,49	12	Minyak dan Lemak - mg/L	0,8 - 12,7
4	Ammoniak (NH ₃) - mg/L	12,5 - 63,62	13	Cadmium (Cd) - mg/L	nil
5	Nitrit (NO ₂ ⁻) - mg/L	0,017 - 0,031	14	Timbal (Pb)	nil - 0,01
6	Nitrat (NO ₃ ⁻) - mg/L	3,27 - 27,64	15	Tembaga (Cu) - mg/L	nil
7	Klorida (Cl ⁻) - mg/L	32,52 - 57,94	16	Besi (Fe) - mg/L	0,29 - 1,15
8	Sulfat (SO ₄ ²⁻) - mg/L	65,04 - 144,99	17	Warna - (Skala Pt-Co)	40 - 500
9	pH	6,06 - 6,99	18	Phenol - mg/L	0,11 - 1,84

Sumber: Widayat, 2009.

Mara (1978) mengemukakan bahwa kekuatan air limbah suatu komunitas juga berhubungan dengan konsumsi airnya. Di Amerika, dimana memiliki konsumsi air bersih yang tinggi yakni 350 – 400 L/orang.hari, memiliki kekuatan air limbah yang lemah (BOD₅ = 200 – 250 mg/l). Sedangkan di negara – negara tropis, konsentrasi BOD₅ air limbah mencapai 400 – 700 mg/l atau dapat dikatakan kuat, tetapi memiliki konsumsi air bersih yang lebih rendah yakni 40 – 100 L/orang.hari (Mara, 1978). Kekuatan limbah dilihat dari konsentrasi BOD₅ dan COD dapat dikelompokkan ke dalam empat kategori, yakni lemah, sedang, kuat dan sangat kuat seperti yang tercantum pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kekuatan Limbah dalam Hal BOD₅ dan COD

Tingkat Kekuatan	BOD ₅ (mg/l)	COD (mg/l)
Lemah	< 200	< 400

Tingkat Kekuatan	BOD ₅ (mg/l)	COD (mg/l)
Sedang	350	700
Kuat	500	1000
Sangat Kuat	> 750	> 1500

Sumber: Mara, 1978

2.4. Air Limbah Laboratorium

Kontaminasi air secara kontinyu memiliki dampak pada lingkungan; *effluen* yang berasal dari variasi industri kimia yang besar mengandung komponen organik, seperti: fenol, alkohol, benzena, ether, dan derivatif aromatik terklorinasi pada konsentrasi yang berbeda, yang dimana semuanya bersifat toksik dan berbahaya ketika dilepaskan ke dalam lingkungan (Martinez A., *et al.*, 2013). Contoh eksplisit dalam bidang ini adalah limbah kimia yang dihasilkan oleh laboratorium akademik dan komersial dimana limbah tersebut adalah produk sampingan dari penelitian, pengajaran dan pengujian (Benatti, *et al.*, 2006).

Laboratorium kimia sekolah atau institusi merupakan salah satu penghasil limbah cair, padat maupun gas. Walau kuantitas dan frekuensi limbah laboratorium sekolah atau institusi termasuk kecil, kandungan bahan pencemar yang dimiliki bervariasi dan bahkan ada yang mengandung bahan buangan berbahaya (Widjajanti, 2009). Limbah dari percobaan kimia, biologi dan/atau mikrobiologi yang melibatkan berbagai sampel alami dan sintetis mungkin termasuk ke dalam konstituennya. Logam berat, senyawa organik tinggi, kondisi pH rendah, dan berbagai substansi berbahaya yang tidak dapat diukur (non kuantitatif) merupakan kondisi yang umum di air limbah tersebut (Martinez A., *et al.*, 2013). Oleh karena limbah ini berbeda dari limbah domestik, suatu *pre treatment* dibutuhkan untuk menghasilkan *effluent* yang ekuivalen. Strategi terbaik untuk membersihkan limbah toksik dan terkontaminasi ialah, secara umum, mengolahnnya di sumber (Nasr, *et al.*, 2004).

2.4.1. Kualitas Air Limbah Laboratorium

Jenis-jenis bahan kimia yang umum dipakai antara lain bahan kimia bersifat asam, basa, organik dan anorganik. Jenis asam-asam kuat yang digunakan antara lain asam klorida (HCl), asam nitrat (HNO_3), asam sulfat (H_2SO_4) dan lain-lain. Beberapa asam lemah yang digunakan antara lain asam fosfat (H_3PO_4), asam karboksilat (HCOOH) dan sebagainya. Sedangkan basa kuat yang umum digunakan seperti Natrium hidroksida (NaOH) dan Kalium hidroksida (KOH). Kelompok bahan kimia anorganik meliputi berbagai jenis garam seperti Natrium klorida (NaCl), Magnesium klorida (MgCl_2), Kalium klorida (KCl), Merkuri sulfat (HgSO_4), Kalium kromat (KCrO_4), Kalium bikromat (K_2CrO_7), Ferro amonium sulfat ($\text{Fe}(\text{NH}_4\text{SO}_4)_2$) dan berbagai jenis garam lainnya.

Bahan-bahan kimia organik yang sering digunakan seperti alkohol, aldehida, aseton, senyawa amina, amida dan sebagainya. Jenis bahan kimia pendukung yang digunakan seperti deterjen sebagai bahan pembersih. Bahan-bahan kimia tersebut di atas pada umumnya dibuat sebagai pereaksi/reagen dengan berbagai konsentrasi yang selanjutnya digunakan oleh mahasiswa untuk melakukan analisis (Hartini, *et al.*, 2011). Contoh karakteristik air limbah laboratorium dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Contoh Karakteristik Air Limbah Laboratorium

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	COD	mg/L	988
2	TDS	mg/L	11246
3	pH	-	2
4	Fe	mg/L	20,91
5	DO	mg/L	3,94

Sumber: Hartini, et al, 2011

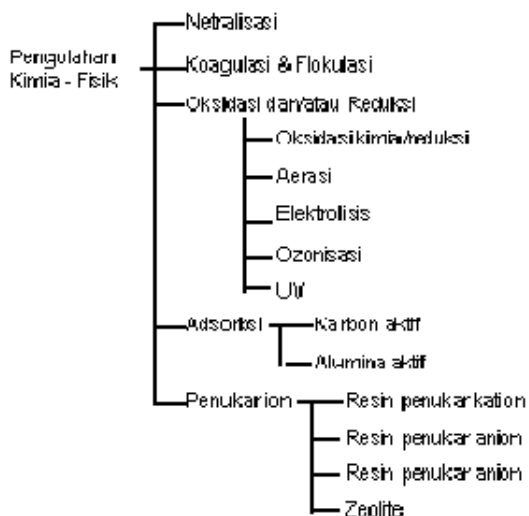
2.5. Pengolahan Air Limbah

Menurut Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya, sistem pembuangan air limbah setempat merupakan

fasilitas sanitasi yang berada di dalam daerah persil (batas tanah yang dimiliki), yang memiliki 2 (dua) sarana sistem pembuangan yaitu:

- Sistem individual: tangki septic, cubluk
- Sistem komunal: MCK

2.5.1. *Pre Treatment* Limbah Laboratorium



Gambar 2.2 Skema Pengolahan Kimiawi

(Sumber: Widjajanti, 2009)

Seperti yang telah dijelaskan dalam *sub bab* 2.4, limbah laboratorium mengandung senyawa – senyawa berbahaya yang bersifat toksik dan berbahaya ketika dilepaskan ke dalam lingkungan. Pada umumnya, proses pengolahan limbah laboratorium didahului dengan proses pengolahan (*pre treatment*) secara kimiawi kemudian baru dilanjutkan dengan pengolahan secara biologis untuk limbah yang bersifat *biodegradable*. Pengolahan limbah cair secara kimia yang sering diterapkan adalah desinfeksi, pengendapan material terlarut (presipitasi), koagulasi (destabilisasi) koloid, oksidasi dan *ion exchange* (Rahardjo, 2002). Netralisasi juga dapat digunakan dalam proses

pengolahan kimiawi limbah untuk menetralkan pH limbah yang bersifat asam atau basa.

Selain menggunakan proses pengolahan kimiawi yang telah dijelaskan, menurut Widjajanti (2009), limbah cair laboratorium sekolah atau institusi juga dapat diolah dengan mengalirkan air limbah melewati lapisan – lapisan zat yang dapat menyerap / mengikat anion dan kation yang terdapat di dalam limbah sehingga limbah hasil olahan terbebas dari bahan kimia berbahaya. Bahan penyusun lapisan berturut-turut dari bawah ke atas adalah resin penukar anion, resin penukar kation, zeolit sebagai adsorben dan kerikil.

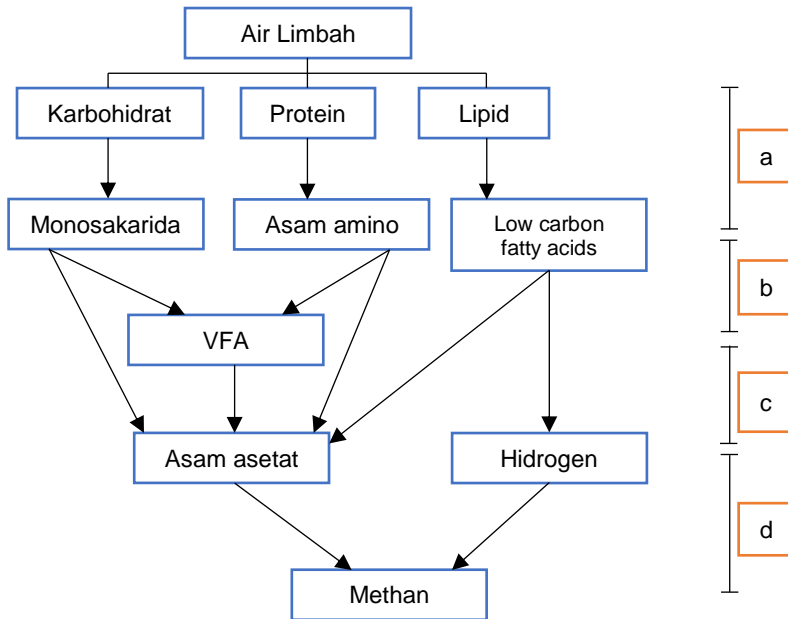
Kerikil berfungsi sebagai penyaring kasar untuk memisahkan padatan tersuspensi dari limbah. Zeolit berfungsi menyerap zat warna, anion, kation, dan zat organik yang tidak diikat oleh resin penukar anion maupun kation. Resin penukar anion dan resin penukar kation berfungsi untuk menukar ion yang ada pada resin dengan ion-ion yang ada pada limbah cair. Dengan demikian ion-ion dalam limbah akan terjerap ke dalam zeolit, resin penukar kation dan resin penukar anion.

2.5.2. Sistem Pengolahan *Anaerobik*

Penguraian anaerobik terdiri dari serangkaian proses mikrobiologi yang merubah bahan organik menjadi metana (Herlambang, 2001). Proses pengolahan biologis anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi (Said, 2000). Menurut Iskandar, *et al*, (2016), sistem pengolahan anaerobik paling banyak dipilih untuk sistem skala permukiman berbasis masyarakat sampai saat ini (2015). Hal ini berdasarkan pertimbangan kemudahan operasional karena tidak memerlukan injeksi oksigen ke dalam unit pengolahan. Septik individual atau IPAL komunal/skala permukiman yang dikenal memakai prinsip pengolahan dengan kondisi anaerob.

Kondisi anaerob merupakan kondisi dimana tidak terdapat oksigen bebas. Pengolahan anaerobik terjadi melalui pemecahan molekul melalui serangkaian proses fermentasi oleh mikroorganisme. Sehingga terjadinya serangkaian proses fermentasi dapat dikatakan sebagai berlangsungnya proses penguraian polutan. Tchobanoglous, *et al*, (2014) dalam bukunya menyatakan bahwa, proses fermentasi pada pengolahan

anaerobik berlangsung dalam empat tahap, yaitu hidrolisis, acidogenesis, acetogenesis dan methanogenesis. Diagram proses fermentasi yang terjadi pada proses anaerobik dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.3 Proses Fermentasi pada Proses Anaerobik

(Sumber: Tchobanoglous, et al, 2014)

- a) Hidrolisis
Hidrolisis merupakan tahapan pertama proses fermentasi anaerobik, dimana partikulat (polimer kompleks) diubah ke dalam ikatan yang larut dalam air (*soluble*), yang kemudian dapat dihidrolisis lebih lanjut menjadi ikatan monomer sederhana.
- b) Acidogenesis
Acidogenesis merupakan tahap kedua dalam fermentasi proses anaerobik, dimana akan menghasilkan produk

hasil berupa *volatile fatty acids* (VFA), propionat, butirat, CO₂ dan hidrogen. Dalam proses fermentasi, substrat berfungsi sebagai baik elektron donor dan akseptor.

c) Acetogenesis

Acetogenesis merujuk kepada fermentasi lebih lanjut dari fermentasi acidogenesis oleh bakteri untuk merubah produk hasil dari proses acidogenesis, yakni propionat dan butirat, untuk memproduksi asetat, CO₂, dan hidrogen. Sehingga, produk akhir dari acetogenesis ialah asetat, CO₂ dan hidrogen.

d) Methanogenesis

Proses methanogenesis dilaksanakan oleh kelompok organisme *Archae* yang diketahui sebagai methanogen. Kelompok pertama, *acetoclastic methanogen*, merubah asetat menjadi methan dan karbon dioksida. Kelompok kedua, *hydrogenotrophic methanogen*, menggunakan hidrogen sebagai elektron donor dan CO₂ sebagai elektron akseptor untuk memproduksi methan. Komposisi gas yang diproduksi dari proses fermentasi yang stabil dan methanogenesis mengandung 65% methan dan 35% CO₂ (tipikal).

2.5.3. Unit – Unit Pengolahan Air Limbah

A. Grease Trap

Grease trap, atau bak pemisah lemak, merupakan unit *pre treatment* yang digunakan untuk memisahkan minyak dan lemak yang terkandung di dalam air limbah, sebelum memasuki proses pengolahan biologis. Waktu tinggal yang dibutuhkan di dalam bak pemisah lemak umumnya berkisar antara 30 – 60 menit (Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik dan Sarana Kesehatan, 2011).

B. Bak Ekualisasi

Menurut Tchobanoglous, et al (2003), bak ekualisasi adalah suatu bak penampung air limbah agar debit air limbah yang diolah menjadi konstan. Bak ekualisasi bukan merupakan suatu proses pengolahan. Kegunaan dari bak ekualisasi adalah:

- 1) Sebagai penampung air limbah, sehingga membuat air limbah yang masuk dari berbagai sumber (*toilet*, wastafel, dll.) dapat bercampur sehingga menghasilkan karakteristik air limbah yang bersifat homogen.
- 2) Menstabilkan debit yang masuk kedalam instalasi pengolahan air limbah akibat adanya variasi debit yang masuk.
- 3) Menstabilkan konsentrasi air limbah yang akan masuk ke dalam IPAL.

Penentuan kapasitas atau volume bak ekualisasi yang diperlukan dihitung dengan menggunakan diagram massa influen, dimana volume influen secara kumulatif diplotkan terhadap waktu (jam) dalam satu hari di kurva x-y. Pada kurva yang sama juga diplotkan aliran/debit rata-rata. Kriteria desain bak ekualisasi adalah sebagai berikut:

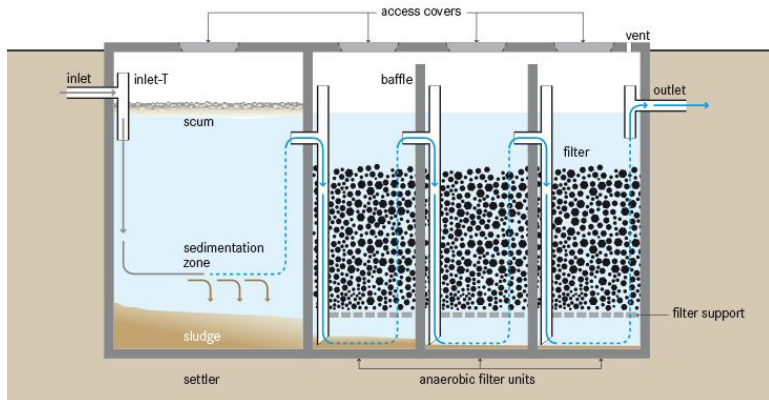
- Kecepatan aliran = 1-2 m/detik
- Hydraulic Retention Time = 4-8 jam

C. Anaerobic Filter

Anaerobic filter atau *anaerobic biofilter* merupakan unit pengolahan dimana mikroorganisme tumbuh dan berkembang di atas suatu media dengan membentuk lapisan lendir untuk melekat di atas permukaan media tersebut (*biofilm*) dan terjadi tanpa kehadiran udara (anaerobik). Struktur reaktor biofilter menyerupai saringan (filter) yang terdiri atas susunan atau tumpukan bahan penyangga yang disebut dengan media penyangga yang disusun baik secara teratur maupun acak di dalam suatu bejana dimana fungsi media penyangga adalah sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme yang akan melapisi permukaan media membentuk lapisan massa yang tipis (Marsidi dan Herlambang, 2011). Media penyangga merupakan salah satu kunci pada proses biofilter (Marsidi dan Herlambang, 2011). Hadiwidodo, *et al* (2012) menjelaskan bahwa proses operasi biofilter secara anaerob digunakan untuk air limbah dengan kandungan zat organik cukup tinggi, dan dari proses ini akan dihasilkan gas methana. Jika kadar COD limbah kurang dari 4000 mg/l seharusnya limbah tersebut diolah pada kondisi anaerob. Karena *anaerobic filter* menggunakan mikroorganisme yang

dibiakkan pada lapisan media penyangga, pengolahan tidak bisa terjadi secara langsung melainkan membutuhkan waktu untuk pembiakkan. Menurut Tim Teknis Pembangunan Sanitasi (2010) butuh 6 – 9 bulan untuk menstabilkan biomassa di awal proses.

Berdasarkan pengalaman Sasse (1998), rata – rata 25-30% dari total massa filter menjadi tidak aktif disebabkan oleh penyumbatan (*clogging*) dan kualitas pengolahan dalam *anaerobic filter* yang dioperasikan dengan baik berada dalam kisaran *removal* BOD 70-90%. *Anaerobic filter* sesuai untuk limbah domestik dan seluruh limbah industri yang mempunyai kandungan padatan tersuspensi rendah. Meskipun aliran dapat disusun secara *upflow* maupun *downflow*, cara *upflow* adalah yang paling sering digunakan (Indriani dan Herumurti, 2010)



Gambar 2.4 Anaerobic Biofilter

(Sumber: Sustainable Sanitation and Wastewater Management)

Dalam bukunya, Tim Teknis Pembangunan Sanitasi (2010) menyebutkan beberapa kelebihan dan kekurangan *anaerobic biofilter*, yaitu:

a) Kelebihan

1. Banyak tersedia di pasar, diproduksi massal.
2. Umur pelayanan panjang.
3. Tidak ada masalah dengan lalat dan bau (bila digunakan dengan benar).
4. Keperluan lahan tanah kecil.

5. Tidak perlu energi listrik.
- b) Kekurangan
 1. Effluen dan lumpur tinja masih perlu pengolahan sekunder dan atau pembuangan yang cocok.
 2. Memerlukan sumber air yang konstan.
 3. Permukaan bangunan/lubang pemeriksaan harus di atas muka air banjir.

Kriteria desain AF berdasarkan Sasse (1998) adalah sebagai berikut:

- Luas permukaan media : 90-300 m³/m²
- *Removal* BOD : 70-90%
- Jenis media : kerikil, batu (5-10 cm), plastik, arang (5-15 cm)
- Organic loading : < 4-5 kg COD/m³.hari
- Hydraulic retention time : 1,5-2 hari

2.5.4. Filtrasi

Pada dasarnya, filtrasi merupakan proses alami yang terjadi di dalam tanah, dimana air tanah melewati media berbutir yakni tanah, dan terjadilah proses penyaringan. Proses alam ini kemudian diadaptasi dan dikembangkan rekayasa dalam bentuk unit filter (Masduqi dan Assomadi, 2012). Proses filtrasi dalam pengolahan air limbah bertujuan untuk menghilangkan partikulat yang tersuspensi dan koloid. Penyaringan partikulat merupakan media transportasi alami bagi pencemar organik dan anorganik yang tidak diinginkan, senyawa penyebab rasa dan bau, warna, serta kontaminan mikroba penyebab penyakit (Putra, 2013).

Masduqi dan Assomadi (2012) menyatakan di dalam bukunya, bahwa berdasarkan kecepatan alirannya, filtrasi dibagi menjadi dua, yakni:

- *Slow Sand Filter*
Merupakan filter yang mempunyai kecepatan lambat, sekitar 0,1 – 0,4 m/jam. Kecepatan yang lebih lambat ini disebabkan ukuran media filter pasir lebih kecil. Banyak digunakan untuk pengolahan air dengan kekeruhan air baku di bawah 50 NTU.
- *Rapid Sand Filter*
Merupakan filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 4 – 21 m/jam. Filter ini selalu didahului

dengan proses koagulasi – flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi.

Berdasarkan arah alirannya, filtrasi dibagi menjadi empat, yakni:

- *Downflow filtration*
Arah aliran melewati media filter dari atas ke bawah.
- *Upflow filtration*
Arah aliran melewati media filter dari bawah ke atas.
- *Upflow-downflow filtration*
Perpaduan antara arah aliran *downflow* dengan *upflow*. Air dialirkan secara *downflow* pada kompartemen pertama kemudian secara *upflow* pada kompartemen kedua.
- *Horizontal flow filtration*
Arah aliran air melewati media filter secara horizontal, titik inlet dan outlet terletak sejajar.

Berdasarkan sistem pengaliran atau pendorong hingga terjadinya filtrasi, filtrasi dibagi menjadi dua, yakni:

- *Gravity filtration*
Sistem alirannya memanfaatkan gaya gravitasi bumi, hanya didorong oleh tekanan atmosfer.
- *Pressure filtration*
Pada dasarnya memiliki prinsip yang sama dengan filter secara gravitasi, akan tetapi diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar, sehingga dirancang dengan sistem tertutup dan harus ada pompa yang menambah tekanan di dalam tangki.

Bagian filter yang berperan dalam melakukan penyaringan disebut dengan media filter. Dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrasit, pasir garnet (Masduqi dan Assomadi, 2012) atau karbon aktif (Puspitahati, 2012) dengan variasi ukuran dan bentuk. Puspitahati (2012) menyatakan di dalam hasil penelitiannya, bahwa perbandingan tinggi yang efektif antara media filter karbon aktif dengan pasir ialah 1:3.

2.5.5. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan akumulasi konsentrasi di permukaan dan merupakan akibat dari gaya interaktif pada daya tarik fisik antara permukaan padatan berpori dan komponen molekul yang

dikeluarkan dari fase bulk (Thomas dan Crittenden, 1998). Thomas dan Crittenden (1998) menambahkan, bahwa laju adsorpsi akan sangat cepat, jika permukaan adsorben yang bersih dan tidak berpori terpapar gas atau uap dan lapisan fluida yang berdekatan dengan permukaan tidak memberikan perlawanan terhadap pengangkutan gas ke permukaan. Pada dasarnya adsorben dibagi menjadi tiga, yaitu:

- a) Adsorben yang mengadsorpsi secara fisik,
- b) Adsorben yang mengadsorpsi secara kimia, dan
- c) Adsorben yang mengadsorpsi secara kimia dan fisik.

Adsorpsi secara fisik terjadi saat molekul – molekul gas atau cair melakukan kontak dengan suatu padatan dan sebagian dari molekul tersebut mengembun pada permukaan padatan, terjadi tanpa adanya reaksi antara molekul – molekul adsorbat dengan permukaan adsorben dan terikat karena adanya gaya van der Waals. Adsorpsi secara kimia terjadi akibat adanya reaksi kimia antara molekul – molekul adsorbat dengan permukaan adsorben, dan bersifat irreversible (Saputra, 2008).

Menurut Bahl, *et al*, (1997), daya adsorpsi dipengaruhi oleh lima faktor, yakni:

- a) Jenis adsorbat
Molekul adsorbat yang dapat teradsorpsi merupakan adsorbat yang memiliki diameter lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben.
- b) Karakteristik adsorben
Jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsi meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori adsorben.
- c) Tekanan
Kenaikan tekanan adsorbat dapat menaikkan jumlah teradsorpsi.
- d) Temperatur
Pada saat adsorbat melekat pada permukaan adsorben, akan terjadi pembebasan sejumlah energi yang dinamakan peristiwa eksothermik. Berkurangnya temperatur akan menambah jumlah adsorbat yang teradsorpsi, dan sebaliknya.
- e) Interaksi potensial

Interaksi potensial antara adsorbat dengan dinding adsorben sangat bervariasi tergantung sifat adsorbat - adsorben.

2.5.6. Karbon Aktif

Karbon aktif, sering juga disebut sebagai arang aktif, merupakan bahan padat berpori hasil pembakaran bahan yang mengandung karbon, sehingga dari proses pengaktifan (pembakaran) karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar. Karbon aktif memiliki tingkat adsorpsi yang tinggi terhadap zat organik, seperti warna, phenol, detergen, kresol dan bahan toksik yang tidak bisa diuraikan (Awaluddin, 2007).

Saputra (2008) menuliskan bahwa, karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang mengadsorpsi adsorbat secara fisik. Penggunaan karbon aktif memerlukan dua tahapan utama, yakni prosedur pembuatan dan prosedur aktivasi karbon aktif. Menurut SNI 06-3730-1995 tentang Arang Aktif Teknis, prosedur pembuatan karbon aktif terdiri dari beberapa langkah, yaitu:

- a) Pembuatan karbon aktif granular
Pada tahap ini, bahan baku yang akan digunakan untuk membuat karbon aktif dipecah – pecah menjadi bentuk granular kira – kira berukuran sebesar kerikil (diameter 2 – 3 cm).
- b) Perendaman dalam bahan kimia
Bahan baku kemudian dimasukkan ke dalam bak terbuat dari tembok yang di dalamnya berisi larutan kimia dan direndam selama 12 – 24 jam, kemudian ditiriskan. Bahan kimia yang baik untuk proses perendaman ialah NaOH, H₃PO₄, dan ZnCl₂.
- c) Pengaktifan dengan uap air panas
Bahan baku yang telah direndam, kemudian dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu 900°C. Selanjutnya keran uap dibuka dan dialirkan selama 36 jam, sambil suhu terus ditingkatkan hingga mencapai 1.100°C. Ketika suhu semakin turun, maka pengaliran uap dihentikan sampai suhu meningkat kembali. Pemberian uap dilakukan secara periodik setiap selang 15 – 20 menit. Setelah penyemprotan selesai, pemanasan tetap dilanjutkan selama 12 jam untuk mengeringkan.

d) Pengemasan

Karbon aktif kemudian dikemas di dalam kantung plastik yang terlindung udara.

Karbon aktif, dalam pengoperasiannya, akan mengalami penurunan efisiensi kerja ketika permukaannya berada dalam kondisi jenuh sehingga tidak mampu lagi menyerap polutan, yang disebut juga dengan waktu jenuh. Hasil penelitian yang dilakukan Mahawika (2006), dinyatakan bahwa waktu jenuh akan cepat tercapai apabila debit yang digunakan juga semakin besar. Dalam penelitian skala laboratorium yang dilakukan Wardhana, *et al* (2009), dikemukakan bahwa untuk debit limbah kecil (50 ml/menit) titik jenuh terjadi setelah 15 jam waktu operasi dan setelah 12 jam waktu operasi untuk debit yang lebih besar (100 ml/menit). Dengan demikian, semakin besar debit yang digunakan maka akan semakin cepat pula waktu aktifasi kembali (regenerasi) yang dibutuhkan. Regenerasi dapat dilakukan dengan cara pembakaran karbon aktif di dalam *furnace* (Masduqi dan Assomadi, 2012).

Pada umumnya karbon aktif dapat mengadsorpsi metanol dan amonia hingga mencapai 30% bahkan mencapai hingga dua kalinya untuk karbon aktif dengan kualitas sangat baik (Saputra, 2008). Dalam proses menyerap adsorbat, karbon aktif yang bertindak sebagai adsorben memerlukan waktu yang disebut dengan waktu kontak. Waktu kontak ini berpengaruh terhadap besarnya efisiensi penyisihan. Semakin bertambah waktu kontak maka efisiensi penyisihan akan bertambah pula. Wardhana, *et al*, (2009) dalam penelitiannya menyatakan bahwa, waktu kontak karbon aktif mencapai titik konstan pada menit ke 120 sampai 150.

2.6. Perhitungan *Grease Trap*, Bak Ekualisasi, Tangki Septik Terintegrasi *Anaerobic Filter*, dan Filter

Perhitungan unit pengolahan air limbah domestik dan laboratorium dilakukan berdasarkan perhitungan pada literatur dari Tchobanoglous (2014) dan Sasse (1998). Perhitungan unit pengolahan ini bertujuan untuk menentukan dimensi unit pengolahan yang akan mempengaruhi gambar unit pengolahan, dan *Bill of Quantity* (BOQ).

A. Grease Trap

Dimensi *grease trap* didapatkan dengan cara melakukan perkalian antara debit dengan waktu tinggal, atau waktu detensi (td). Kemudian dengan kedalaman yang telah ditentukan, didapatkan nilai luas permukaan bak. Perbandingan panjang dengan lebar ditentukan untuk mendapatkan masing – masing panjang dan lebar. Jumlah kompartemen dipilih dan disesuaikan berdasarkan besarnya konsentrasi influen minyak dan lemak serta besarnya konsentrasi effluen yang diinginkan.

B. Bak Ekualisasi

a) Ekualisasi kuantitas

Menurut Tchobanoglous, *et al.* (2014), berikut merupakan langkah – langkah yang dibutuhkan dalam menentukan dimensi bak ekualisasi, dilihat dari ekualisasi kuantitas (debit):

- Langkah pertama ialah untuk menentukan kurva kumulatif volume debit air limbah dalam satuan m^3 . Kurva kumulatif volume didapatkan dengan cara menjumlah secara kumulatif nilai fluktuasi debit per jam nya. Hal ini juga dilakukan untuk mendapatkan volume debit kumulatif. Tabel 2.6 merupakan contoh dari data volume debit kumulatif.
- Langkah kedua ialah untuk memplotkan volume debit kumulatif ke dalam grafik, seperti yang tertera pada Gambar 2.5.

Slope atau kemiringan pada garis yang digambar dari titik awal ke titik akhir diagram *inflow mass* merepresentasikan debit rata – rata harian (Q_r).

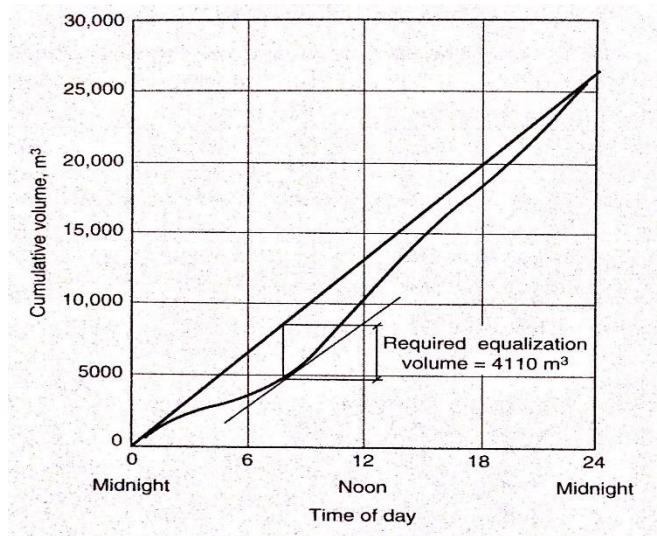
Tabel 2.6 Volume Debit Kumulatif

Periode Waktu	Data yang Diberikan		Data yang Diperoleh	
	Q rata - rata, m^3/s	Konsentrasi BOD rata - rata, mg/L	Volume Kumulatif Debit (m^3)	BOD Mass Loading (kg/jam)
M - 1	0,275	150	990	149
1 – 2	0,220	115	1782	91

Periode Waktu	Data yang Diberikan		Data yang Diperoleh	
	Q rata - rata, m ³ /s	Konsentrasi BOD rata - rata, mg/L	Volume Kumulatif Debit (m ³)	BOD Mass Loading (kg/jam)
2 – 3	0,165	75	2376	45
3 – 4	0,130	50	2844	23
4 – 5	0,105	45	3222	17
5 – 6	0,100	60	3582	22
6 – 7	0,120	90	4014	39
7 – 8	0,205	130	4752	96
8 – 9	0,355	175	6030	223
9 -10	0,410	200	7506	295
10 - 11	0,425	215	9036	329
11 - N	0,430	220	10584	341
N - 1	0,425	220	12114	337

Sumber: Tchobanoglous, et al, 2014

- Langkah ketiga ialah menentukan volume bak yang dibutuhkan. Volume bak yang dibutuhkan ditentukan dengan cara menggambar garis yang sejajardengan Q_r , bersinggungan dengan titik rendah diagram *inflow mass*. Volume yang dibutuhkan diwakili oleh jarak vertikal dari titik singgung dengan garis lurus yang mewakili Q_r .
- b) Ekualisasi kualitas
- Menurut Tchobanoglous, et al. (2014), berikut merupakan langkah – langkah yang dibutuhkan dalam menentukan ekualisasi kualitas:
- Langkah pertama ialah untuk menghitung volume cairan di bak ekualisasi pada akhir setiap periode waktu. Cara paling sederhana ialah untuk menghitung pada periode waktu ketika bak ekualisasi kosong.



Gambar 2.5 Diagram *Inflow Mass*

(Sumber: Tchobanoglous, et al, 2014)

Volume di bak dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$V_{sc} = V_{sp} + V_{ic} - V_{oc} \quad (2.2)$$

Dimana:

V_{sc} = volume di dalam bak ekualisasi di akhir periode waktu saat ini.

V_{sp} = volume di dalam bak ekualisasi di akhir periode waktu sebelumnya

V_{ic} = volume *inflow* di periode waktu saat ini

V_{oc} = volume *outflow* di periode waktu saat ini

Perhitungan berdasarkan persamaan (2.2) diterapkan untuk semua periode waktu seperti pada contoh Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Volume Setiap Waktu dan Massa BOD Terekualisasi

Periode Waktu	Volume Debit (m3)	Volume di Bak pada Akhir Periode (m3)	Konsentrasi BOD rata – rata (mg/L)	Konsentrasi BOD terekualisasi (mg/L)	BOD Mass Loading Terekualisasi (kg/jam)
8 - 9	1278	172	175	175	193
9 - 10	1476	542	200	197	218
10 - 11	1530	966	215	210	232
11 - N	1548	1408	220	216	239
N - 1	1530	1832	220	218	241

Sumber: Tchobanoglous, et al, 2014

- Langkah kedua ialah untuk menghitung konsentrasi rata – rata yang keluar sebagai *outflow* dengan menggunakan persamaan berikut.

$$C_{oc} = \frac{(V_{ic})(C_{ic}) + (V_{sp})(C_{sp})}{V_{ic} + V_{sp}} \quad (2.3)$$

Dimana:

C_{oc} = konsentrasi rata – rata BOD pada *outflow* pada periode waktu saat ini

V_{ic} = volume *inflow* limbah saat ini

C_{ic} = konsentrasi rata – rata BOD *inflow*

V_{sp} = volume limbah di akhir waktu sebelumnya

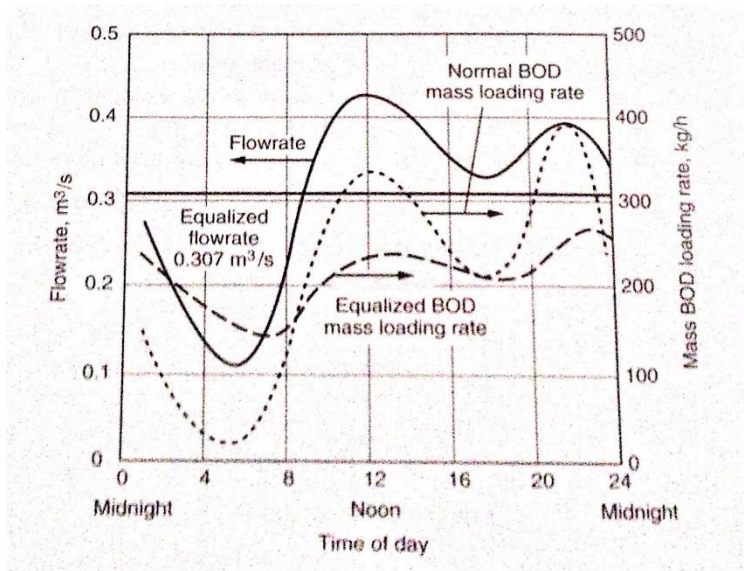
C_{sp} = konsentrasi BOD di akhir waktu sebelumnya

Persamaan ini diterapkan untuk semua periode waktu, seperti pada contoh Tabel 2.7.

- Langkah ketiga ialah untuk menghitung *mass loading rate* per jam menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Mass loading rate} \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right) = \frac{C_{oc} \cdot g/m^3 \times q_i \cdot m^3/s \times 3600 \text{ s/h}}{1000 \text{ g/kg}} \quad (2.4)$$

Efek pemerataan aliran paling baik ditunjukkan melalui grafik dengan cara memplot BOD *mass loading* per jam yang terekualisasi maupun yang tidak seperti pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 BOD Mass Loading Bak Ekualisasi

(Sumber: Tchobanoglous, et al, 2014)

C. Anaerobic Filter

Untuk menghitung dimesi unit *anaerobic filter*, digunakan panduan perhitungan dari Sasse (2009), yang di dalam bukunya perhitungan tersebut di rangkum ke dalam suatu tabel, seperti pada Tabel 2.8.

Pada bagian data umum *anaerobic filter* dengan tangki septik terintegrasi, terdapat kolom debit rata – rata air limbah harian (m^3/hari), lama aliran air limbah, debit jam puncak, *inflow* COD, *inflow* BOD_5 , rasio COD/BOD, rasio SS yang

Tabel 2.8 Perhitungan *Anaerobic Filter* dengan Tangki Septik

Data Umum untuk <i>Anaerobic Filter</i> dengan Tangki Septik Terintegrasi											
Debit air limbah harian	Lama aliran air limbah	Debit jam puncak	Inflow COD	Inflow BOD ₅	Rasio SS yang dapat diendapkan/ COD	Temperatur terendah	HRT di tangki septik	Waktu pengurasan	Removal COD tangki septik	Removal BOD ₅ tangki septik	Faktor removal BOD/COD
Diberikan	Diberikan	Perhit.	Diberikan	Diberikan	Diberikan	Diberikan	Dipilih	Dipilih	Perhit.	Perhit.	Perhit.
m ³ /hari	Jam	m ³ /jam	mg/L	mg/L	mg/L	°C	Jam	Bulan	%	%	rasio
25	12	2,08	633	333	0,42	25	2	36	25%	26%	1,06
COD/BOD ₅ ->			1,9								
Data Pengolahan											
Inflow COD pada AF	Inflow BOD ₅ pada AF	Permukaan spesifik media filter	Voids pada filter mass	HRT di dalam reaktor AF	Faktor untuk menghitung laju removal COD pada <i>Anaerobic Filter</i>				Laju removal COD (AF saja)	Outflow COD dari AF	Laju removal COD keseluruhan sistem
Perhit.	Perhit.	Diberikan	Diberikan	Dipilih	Dihitung berdasarkan grafik				Perhit.	Perhit.	Perhit.
mg/L	mg/L	m ² /m ³	%	Jam	f-temp	f-strength	f-surface	f-HRT	%	mg/L	%
478	247	100	35%	30	1	0,91	1	69%	70	142	78%
		80-120	30-45	24-48 jam							
Dimensi Tangki Septik											
Faktor removal BOD/COD	Laju removal BOD ₅ keseluruhan sistem	Outflow BOD ₅ dari AF	Lebar tangki septik	Kedalaman air minimal pada titik inlet	Panjang kompartemen pertama		Panjang kompartemen kedua		Akumulasi lumpur	Volume (termasuk lumpur)	Volume aktual tangki septik
Perhit.	Perhit.	Perhit.	Dipilih	Dipilih	Perhit.	Dipilih	Perhit.	Dipilih	Perhit.	Dibutuhkan	Perhit.
Rasio	%	mg/L	m	m	m	m	m	m	L/g COD	m ³	m ³
1,1	85	49	1,75	2,25	1,69	1,7	0,85	0,85	0	10	10,04
Dimensi <i>Anaerobic Filter</i>						Produksi Biogas			Cek		
Volume tangki filter	Kedalaman tangki filter	Panjang tiap tangki	Jumlah tangki filter	Lebar tangki filter	Ruang dibawah media penyangga	Tinggi filter (bagian atas 40 cm di bawah muka air)	Dari tangki septik	Dari <i>anaerobic filter</i>	Total	Organic loading COD pada filter	Kecepatan <i>upflow</i> maks. Didalam void filter
Perhit.	Dipilih	Perhit.	Dipilih	Dibutuhkan	Dipilih	Perhit.	Asumsi: 70% CH ₄ ; 50% terlarut			Perhit.	Perhit.
m ³	m	m	No.	m	m	m	m ³ /hari	m ³ /hari	m ³ /hari	kg/m ³ .hari	m/jam
31,25	2,25	2,25	3	2,69	0,6	1,2	0,97	2,1	3,07	1,57	0,98
										< 4,5	< 2,0

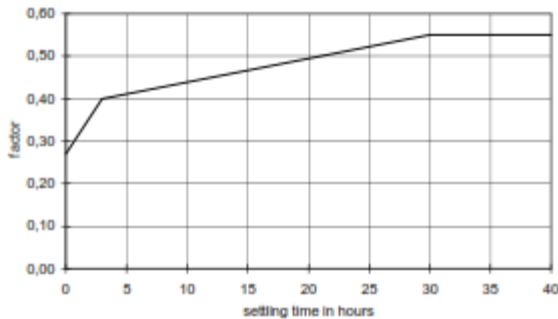
Sumber: Sasse, 2009

dapat diendapkan/COD, temperatur, waktu pengurasan, HRT di tangki septik, *removal* COD dan BOD₅ di tangki septik dan faktor *removal* BOD/COD. Debit jam puncak didapatkan dengan membagi debit rata – rata air limbah harian dengan lama aliran limbah. Kemudian untuk

menentukan persentase *removal* COD di tangki septik, terdapat beberapa ketentuan yang turut memperhatikan rasio SS yang terendapkan/COD dan HRT di tangki septik, yakni jika:

- 1) HRT pada bak pengendap kurang dari 1 jam
- 2) HRT pada bak pengendap kurang dari 3 jam
- 3) HRT pada bak pengendap kurang dari 30 jam, dan
- 4) HRT pada bak pengendap di luar kriteria tersebut.

Rasio SS yang terendapkan/COD memiliki rentang 0,35 – 0,45, dimana Sasse (2009), seperti yang tertera pada Tabel 2.9, memilih pada rentang 0,42. Kemudian untuk HRT pada tangki septik, tipikal HRT yang dipilih ialah 2 jam. Ketentuan di atas terkait dengan Gambar 2.7.



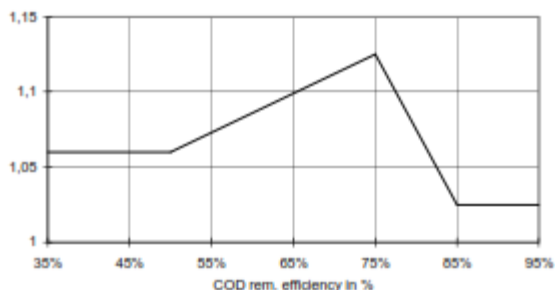
Gambar 2.7 COD *Removal* Tangki Septik

(Sumber: Sasse, 2009)

Dari persentase *removal* COD di tangki septik yang didapat, selanjutnya dapat ditentukan persentase *removal* BOD₅ di tangki septik, yakni dengan perkalian antara rasio penyisihan BOD/COD dengan persentase *removal* COD di tangki septik, dimana rasio penyisihan BOD/COD tersebut didapatkan dengan memperhatikan beberapa ketentuan yang melibatkan persentase *removal* COD, yakni jika:

- 1) Persentase *removal* COD kurang dari 0,5
- 2) Persentase *removal* COD kurang dari 0,75
- 3) Persentase *removal* COD kurang dari 0,85, dan
- 4) Persentase *removal* COD di luar ketentuan di atas.

Untuk persentase *removal* COD kurang dari 0,5, maka rasio penyisihan BOD/COD memiliki nilai 1,06. Dan untuk persentase *removal* COD di luar ketentuan di atas, rasio penyisihan BOD/COD memiliki nilai 0,125. Penentuan rasio penyisihan BOD/COD tersebut berkaitan dengan Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Hubungan Efisiensi *Removal* BOD dan COD

(Sumber: Sasse, 2009)

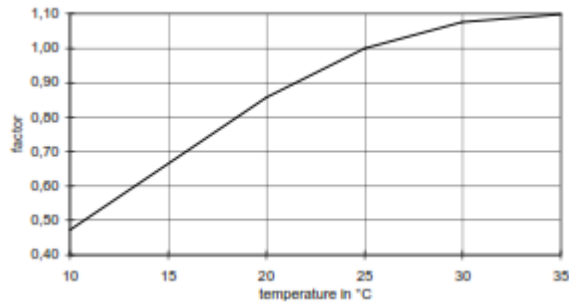
Inflow COD dan BOD₅ dalam tangki septik pada Tabel 2.8, merupakan data yang didapatkan dari hasil uji laboratorium. Dari data tersebut kemudian didapatkan rasio perbandingan antara *Inflow* COD dengan BOD₅. Lalu di bagian Data Pengolahan pada Tabel 2.8, terdiri dari kolom *inflow* COD dan BOD₅ pada *anaerobic filter* (AF), permukaan spesifik media filter, voids pada filter mass, HRT di dalam reaktor AF, faktor untuk menghitung laju *removal* COD pada AF, laju *removal* COD, *outflow* COD dan laju *removal* COD keseluruhan sistem.

Setelah melewati tangki septik dan mengalami *removal* COD dan BOD₅ di dalamnya, selanjutnya air limbah akan keluar dan dialirkan menuju *anaerobic filter* (AF). Air limbah dari tangki septik (*effluent*) yang masuk ke dalam AF (*influen*), tentu memiliki kualitas *Inflow* COD dan BOD₅ yang berbeda, lebih rendah dibandingkan ketika memasuki tangki septik. Dengan kata lain, nilai COD dan BOD₅ yang masuk ke dalam AF merupakan COD dan BOD₅ dari tangki septik yang tidak mengalami proses *removal*.

Untuk menentukan laju *removal* COD pada AF menggunakan empat nilai faktor, yakni f-temp, f-strength, f-surface dan f-HRT. Dimana f-temp dan f-strength memiliki beberapa ketentuan dan memiliki keterkaitan, yakni jika:

- 1) f-strength < 20,
- 2) f-strength < 25,
- 3) f-strength < 30, dan
- 4) f-strength di luar ketentuan di atas, f-temp secara otomatis memiliki nilai sebesar 1,11.

Penentuan f-temp tersebut berkaitan dengan Gambar 2.9



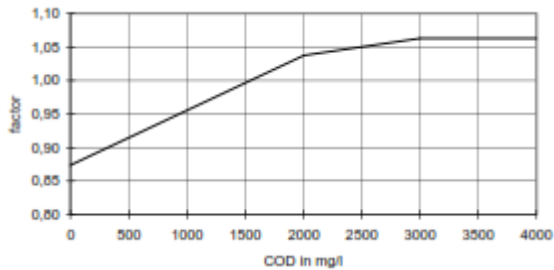
Gambar 2.9 Hubungan Efisiensi *Removal* COD dengan Temperatur pada *Anaerobic Filter*

(Sumber: Sasse, 2009)

Nilai f-strength sendiri didapatkan dengan melibatkan konsentrasi COD yang masuk ke dalam AF, dengan beberapa ketentuan, yakni jika:

- 1) Nilai COD yang masuk ke dalam AF kurang dari 2000 mg/L,
- 2) Nilai COD yang masuk ke dalam AF kurang dari 3000 mg/L,
- 3) Nilai COD yang masuk ke dalam AF di luar ketentuan di atas, f-strength secara otomatis memiliki nilai sebesar 0,6.

Penentuan f-strength tersebut berkaitan dengan Gambar 2.10, dengan kaitannya terhadap nilai COD yang masuk ke dalam AF.



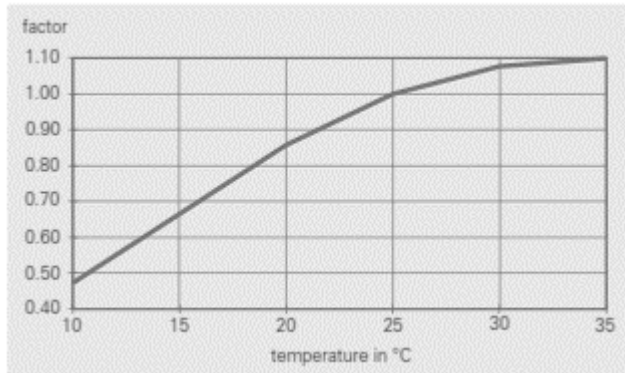
Gambar 2.10 Hubungan Efisiensi *Removal* COD dengan Kualitas Air Limbah pada *Anaerobic Filter*

(Sumber: Sasse, 2009)

Kemudian untuk f-surface, penentuan besar nilai f-surface, melibatkan luas permukaan spesifik media pada AF dengan beberapa ketentuan, yakni jika:

- 1) Luas permukaan spesifik media pada AF kurang dari $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$,
- 2) Luas permukaan spesifik media pada AF kurang dari $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$, dan
- 3) Luas permukaan spesifik media pada AF (m^2/m^3) di luar ketentuan di atas.

Untuk luas permukaan spesifik media pada AF di luar ketentuan di atas, maka nilai f-surface secara otomatis ialah 1,06. Luas permukaan spesifik media pada AF memiliki rentang $80 - 120 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Sasse (2009), seperti yang ditulis dalam Tabel 2.9, memilih permukaan spesifik sebesar $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Penentuan nilai f-surface tersebut juga berkaitan dengan grafik pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 Hubungan Efisiensi *Removal* COD dengan Temperatur pada *Anaerobic Filter*

(Sumber, Sasse, 2009)

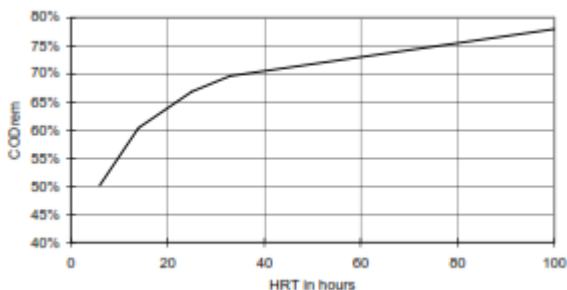
Dan untuk faktor terakhir, yakni $f\text{-HRT}$, dalam penentuan besar nilainya perlu memperhatikan waktu tinggal pada unit AF dan beberapa ketentuan yang berlaku untuk keduanya, yakni jika:

- 1) Waktu tinggal pada unit AF kurang dari 12 jam,
- 2) Waktu tinggal pada unit AF kurang dari 24 jam,
- 3) Waktu tinggal pada unit AF kurang dari 33 jam,
- 4) Waktu tinggal pada unit AF kurang dari 100 jam, dan
- 5) Waktu tinggal pada unit AF di luar ketentuan di atas

Untuk waktu tinggal pada unit AF di luar ketentuan di atas, maka nilai $f\text{-HRT}$ secara otomatis ialah 0,78. Penentuan nilai $f\text{-HRT}$ tersebut berkaitan dengan grafik pada Gambar 2.12.

Setelah penentuan besarnya nilai untuk masing – masing faktor telah dilakukan, kemudian dapat ditentukan nilai daripada laju *removal* COD (hanya AF). Menurut Sasse (2009), jika perkalian faktor – faktor tersebut lalu dikalikan dengan satu ditambah dengan hasil kali jumlah kompartemen dengan 0,04 menghasilkan suatu nilai yang besarnya kurang dari 0,98, maka nilai tersebut yang digunakan sebagai laju *removal* COD. Akan tetapi, jika nilai yang dihasilkan besarnya lebih dari 0,98, maka nilai 0,98 yang digunakan sebagai laju *removal* COD (hanya AF).

Persamaan tersebut mempertimbangkan pembaharuan pengolahan dengan cara penambahan kompartemen dengan membatasi nilai efisiensi *removal* sampai dengan 98%.



Gambar 2.12 Hubungan Efisiensi *Removal* COD dengan Hydraulic Retention Time pada *Anaerobic Filter*

(Sumber: Sasse, 2009)

Setelah laju *removal* COD di AF didapatkan besar nilainya, besarnya konsentrasi dari effluent COD juga dapat diketahui. Besarnya konsentrasi effluent COD didapatkan dengan cara melakukan perkalian antara konsentrasi COD yang masuk ke dalam AF dengan (1-persentase *removal* COD pada AF). Ketika besarnya effluent COD didapatkan, maka dapat diketahui pula total persentase *removal* COD pada keseluruhan sistem (tangki septik dan AF) dengan cara pengurangan 1 (satu) dengan perbandingan COD effluent dengan *inflow* COD.

Total persentase *removal* COD keseluruhan sistem tersebut digunakan dalam menentukan rasio penyisihan BOD/COD pada AF, dengan memperhatikan beberapa ketentuan. Penentuan rasio penyisihan BOD/COD pada AF tersebut berkaitan dengan Gambar 2.8 tentang Grafik Hubungan Efisiensi *Removal* BOD dan COD. Total persentase *removal* COD dikalikan dengan rasio penyisihan BOD/COD, didapatkanlah total persentase *removal* BOD₅ keseluruhan sistem. Dari total persentase *removal* BOD₅

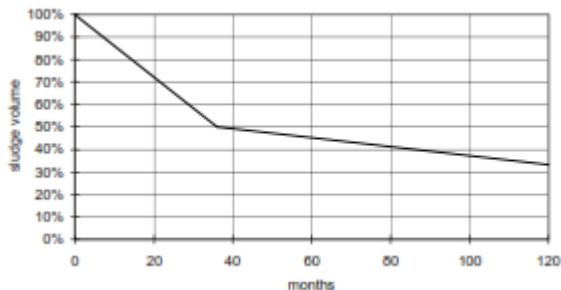
keseluruhan sistem inilah didapatkan besarnya konsentrasi effluent BOD_5 dengan cara melakukan perkalian antara konsentrasi *inflow* BOD_5 pada tangki septik dengan (1- total persentase BOD_5 keseluruhan).

Pada bagian Dimensi Tangki Septik selanjutnya ialah merancang lebar tangki septik dan kedalaman air minimal pada titik inlet yang diinginkan, menghitung panjang kompartemen pertama dan kedua, akumulasi lumpur, volume total (termasuk lumpur), dan volume aktual tangki septik. Penentuan panjang kompartemen pertama ialah dengan melakukan perkalian antara volume total, lebar tangki septik, minimum ketinggian air pada inlet dengan $2/3$. Sedangkan panjang kompartemen kedua ialah setengah dari panjang kompartemen pertama.

Kemudian untuk nilai akumulasi lumpur (Q_a , L/g COD), memiliki beberapa ketentuan yang berhubungan dengan lamanya periode pengurasan lumpur (bulan) yang mempengaruhi nilai akumulasi lumpur itu sendiri, berkaitan dengan grafik pada Gambar 2.13.

Dalam menentukan volume total tangki septik (termasuk lumpur) terdapat beberapa ketentuan yang berlaku. Pertama, *removal* COD atau BOD_5 pada tangki septik harus memiliki nilai lebih dari 0. Kedua, hasil dari akumulasi lumpur dikalikan dengan hasil pengurangan *inflow* BOD_5 dengan *inflow* BOD_5 pada AF, dikali dengan debit air limbah selama masa pengurasan dan ditambah hasil kali debit jam puncak dengan HRT tangki septik memiliki nilai lebih besar daripada dua kali nilai perkalian antara debit jam puncak dengan HRT, maka nilai tersebut yang dipakai sebagai volume tangki septik total. Akan tetapi di luar ketentuan tersebut, volume total yang digunakan ialah 0. Ketentuan ini mempertimbangkan jika volume lumpur kurang dari setengah volume total, maka pengendap dapat dihilangkan.

Langkah terakhir dalam menghitung dimensi tangki septik ialah menghitung volume aktual tangki. Volume ini didapatkan berdasarkan penjumlahan panjang kompartemen satu dan dua kemudian dikalikan dengan minimum ketinggian air pada inlet dan lebar tangki septik.



Gambar 2.13 Reduksi Lumpur dengan Masa Simpan

(Sumber: Sasse, 2009)

Selesai menghitung dimensi tangki septik selanjutnya menghitung dimensi AF. Dalam Tabel 2.8 pada bagian Diameter *Anaerobic Filter*, terdapat kolom – kolom volume tangki filter, kedalaman tangki filter yang direncanakan, panjang tiap tangki, jumlah tangki filter yang direncanakan, lebar tangki filter, ruang di bawah media penyangga yang direncanakan, dan tinggi filter dengan bagian atas berada 40 cm di bawah muka air. Volume tangki filter didapatkan dengan melakukan perkalian antara waktu tinggal pada AF dengan debit rata – rata air limbah harian. Sasse (2009) menuliskan, seperti tertera pada Tabel 2.8, bahwa panjang tiap kompartemen unit AF sama dengan kedalaman AF, dan lebar unit AF didapatkan dari hasil perhitungan yang melibatkan volume AF, jumlah kompartemen, kedalaman AF, panjang tiap kompartemen, ketinggian media filter dan %voids atau persentase massa kosong. Ketinggian media filter sendiri didapatkan dari hasil pengurangan antara kedalaman tangki filter, ruang di bawah media penyangga, 0,4 dan 0,05.

Pengolahan menggunakan AF akan menghasilkan gas – gas biogas hasil dari proses pengolahan dengan mikroorganisme. Biogas tersebut dihasilkan dari tangki septik maupun dari AF. Perhitungan biogas ini diperlukan untuk mengetahui banyaknya biogas yang dihasilkan

sehingga lubang ventilasi yang dibangun sesuai. Gas yang terbentuk dari tangki septik dihitung melibatkan hasil pengurangan konsentrasi influen COD pada tangki septik dengan konsentrasi influen COD pada AF dan dikalikan dengan debit rata – rata air limbah harian. Sedangkan untuk gas yang terbentuk dari unit AF sama seperti ketika menghitung gas dari tangki septik, hanya saja selisih yang dilibatkan merupakan selisih dari konsentrasi influen COD pada AF dengan konsentrasi effluent COD. Gas yang keluar dari tangki septik dan AF kemudian dijumlahkan sehingga didapatkanlah total gas yang terbentuk dari pengolahan ini.

Setelah semua perhitungan selesai, langkah yang tidak boleh dilewatkan ialah melakukan cek perhitungan terhadap *organic loading* COD dan kecepatan *upflow* maksimum. Hal ini dilakukan karena AF memiliki kriteria yang harus dipenuhi oleh dua parameter ini. Jika kedua parameter tidak memenuhi kriteria, maka dimensi AF yang didapatkan tidak tepat dan harus dilakukan perhitungan kembali. Perhitungan *organic loading* COD ialah dengan membagi hasil kali konsentrasi influen COD pada unit AF (mg/L) dan debit rata - rata air limbah harian (m^3/hari), dengan hasil perkalian ketinggian media filter, lebar unit AF, panjang tiap kompartemen unit AF, persentase massa kosong filter dan jumlah kompartemen.

Pengecekan kecepatan *upflow* maksimum (m/jam) menggunakan perhitungan yang melibatkan pembagian debit jam puncak dengan hasil perkalian antara panjang tiap kompartemen pada unit AF, persentase massa kosong, dan lebar unit AF.

D. Filter

Dalam menghitung kebutuhan filter, hal pertama yang dilakukan ialah menentukan jenis media filter yang akan digunakan dan rencana bentuk tangki filter. Dalam perancangan ini media filter yang digunakan ialah karbon aktif dan pasir silika dengan tangki filter berbentuk tabung/tong. Selanjutnya menentukan luas permukaan filter dengan cara membagi besar debit air limbah dengan kecepatan filtrasi yang telah ditentukan. Kecepatan filtrasi

pada karbon aktif ialah 5 – 15 m/jam (Tchobanoglous, *et al*, 2003). Dari luas permukaan filter maka akan didapatkan besarnya diameter.

Kebutuhan banyaknya media filter karbon aktif didapatkan dengan cara membagi banyaknya N atau polutan yang ingin dihilangkan dengan kemampuan daya serap karbon aktif, yakni 750 mg/g dan minimal daya serap sebesar 20% (SNI 06-3730-1995). Massa karbon aktif yang didapatkan dibagi dengan massa jenis karbon aktif untuk menentukan volume karbon aktif yang dibutuhkan. Dari volume inilah akan didapatkan tinggi media filter karbon aktif yang dibutuhkan. Sedangkan untuk tinggi pasir silika ialah tiga kali dari tinggi karbon aktif.

2.7. Peraturan dan Standar

Peraturan dan standar baku mutu yang digunakan sebagai parameter layak atau tidaknya effluen air limbah domestik dan laboratorium dibuang ke dalam badan air ialah Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Laboratorium dan Klinik seperti pada Tabel 2.9 berikut.

Tabel 2.9 Baku Mutu Effluen Air Limbah Laboratorium dan Klinik

BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI KEGIATAN LABORATORIUM KLINIK	
Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
Suhu	30°C
BOD	35
COD	85
TSS	35
NH ₃ Bebas	0,1
PO ₄	2
Minyak dan Lemak	5

BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI KEGIATAN LABORATORIUM KLINIK	
Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
Detergen	5
Phenol	0,5
Chlor Bebas	0,5
pH	6,0 - 9,0
MPN-Kuman Golongan Koli Tinja/100 mL	4000

Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013

2.8. Penelitian Terdahulu

Pada tugas akhir ini ditinjau beberapa hasil dari penelitian terdahulu untuk dijadikan sebagai referensi, yang mempunyai keterkaitan. Beberapa penelitian terdahulu yang ditinjau dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Penelitian Terdahulu

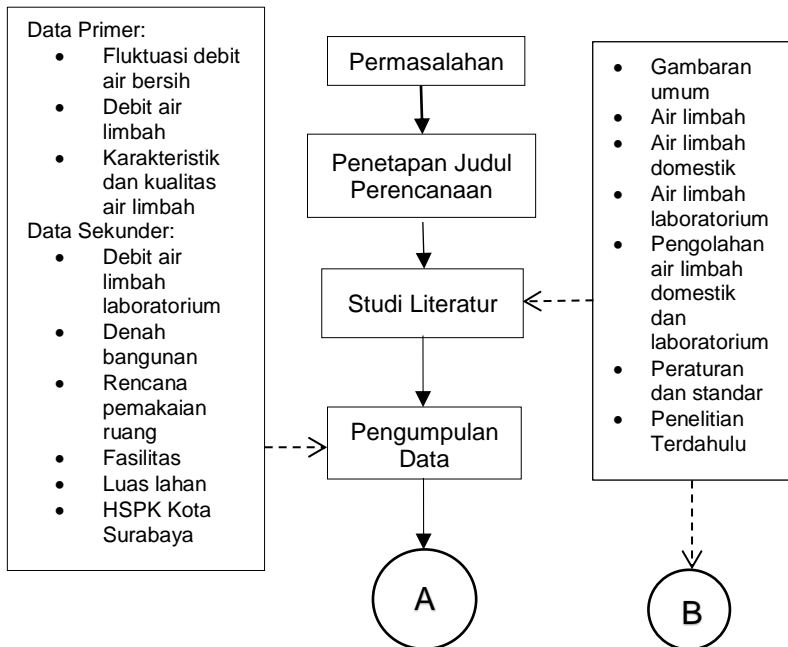
Penulis	Judul	Hasil
Abdul Hamid (2014)	Perbandingan Desain IPAL Proses <i>Attached Growth Anaerobic Filter</i> dengan <i>Suspended Growth Anaerobic Baffled Reactor</i> untuk Pusat Pertokoan di Kota Surabaya.	Pengolahan air limbah pada salah satu pusat perbelanjaan di Surabaya lebih efektif menggunakan <i>Attached Growth Anaerobic Filter</i> karena membutuhkan lahan yang lebih kecil, RAB lebih kecil dan pembiayaan untuk <i>operation and maintenance</i> lebih murah.

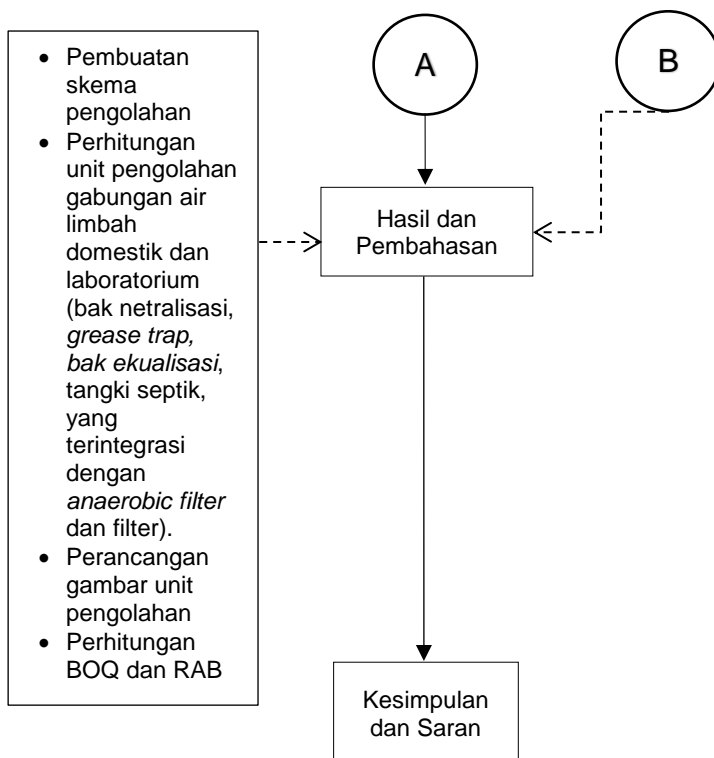
Penulis	Judul	Hasil
Afry Rakh-madany (2013)	Desain Alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Proses Aerobik, Anaerobik dan Kombinasi Aerobik Anaerobik di Kota Surabaya	Keuntungan sistem anaerobik ialah nilai <i>removal</i> tinggi dan biaya operasi rendah. Sedangkan kerugian sistem anaerobik ialah menghasilkan gas dan td yang lama.
Tika Indriani, dan Welly Heru-murti (2010)	Studi Efisiensi Paket Pengolahan <i>Grey Water</i> Model Kombinasi <i>ABR-Anaerobic Filter</i>	Paket pengolahan model kombinasi ABR-AF kurang sesuai untuk pengolahan grey water karena beban organik grey water yang terlalu kecil menyebabkan efisiensi reaktor yang kurang optimal.
Nusa Idaman Said (2006)	Penghilangan Deterjen dan Senyawa Organik Dalam Air Baku Air Minum dengan Proses Biofilter Ungun Tetap Tercelup	Pada pengolahan tahap tanpa aerasi, diperoleh efisiensi penghilangan senyawa organik sebesar 48,08% dan efisiensi ppenghilangan deterjen sebesar 48,61%.
Reza Shokoo-hi, Hossein Movahe-dian, dan Abdollah Dargahi (2016)	<i>Evaluation of the Efficiency of a Biofilter System's Phenol Removal From Wastewater</i>	Hasil studi ini menunjukkan bahwa biofilter meningkatkan efisiensi penyisihan fenol dan penyisihan fenol secara menyeluruh. Terdapat hubungan nilai MLSS dengan penyisihan fenol, dimana 100% penyisihan fenol didapatkan dengan MLSS 2000 mg/L, HRT 4,5 jam dan konsentrasi fenol 100 mg/L.

BAB 3 METODE PERANCANGAN

3.1. Kerangka Perancangan

Kerangka perancangan ini disusun untuk memberikan gambaran tahapan pelaksanaan kegiatan perancangan dan membantu pelaksanaan perancangan menjadi sistematis. Kerangka perancangan disajikan dalam bentuk diagram alir Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Skema Kerangka Perancangan

3.2. Uraian Tahapan Kegiatan Perancangan

Dalam melaksanakan perancangan sistem pengolahan air limbah domestik dan laboratorium pada gedung perkantoran diperlukan tahapan perencanaan yang disusun secara sistematis untuk memudahkan pengerjaan. Dari penjelasan kerangka tahapan perencanaan pada Gambar 3.1, kemudian dikembangkan ke dalam suatu penjelasan tahapan perencanaan yang terdiri dari 5 tahapan utama berikut:

1. Penetapan Judul Perencanaan

Gedung perkantoran MIPA Tower yang terletak di wilayah Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Kota Surabaya merupakan suatu gedung bertingkat sebelas yang saat ini masih dalam tahap pembangunan, dimana selain sebagai perkantoran gedung tersebut juga diperuntukkan sebagai ruang kelas dan laboratorium, yang akan menghasilkan air limbah domestik dan laboratorium. Akan tetapi, hingga saat ini gedung perkantoran tersebut belum memiliki unit pengolahan air limbah. Berdasarkan permasalahan tersebut ditetapkanlah suatu ide tugas akhir untuk merencanakan sistem pengolahan air limbah domestik dan laboratorium dengan judul perencanaan: **Perancangan Sistem Pengolahan Air Limbah pada Gedung Perkantoran (Studi kasus: Gedung Perkantoran “MIPA Tower” ITS Surabaya).**

2. Studi Literatur

Tahap studi literatur adalah tahapan menambah dan mendalami materi yang diperlukan dalam merencanakan sistem pengolahan air limbah untuk membantu dalam mengolah serta menganalisa data. Beberapa teori pendukung yang diperlukan, dapat dikategorikan sebagai berikut:

- Gambaran umum
- Air limbah
- Air limbah domestik
- Air limbah laboratorium
- Pengolahan air limbah domestik dan laboratorium
- Perhitungan bak netralisasi, *grease trap*, bak ekualisasi, tangki septik, *anaerobic filter* dan filter.
- Peraturan dan standar
- Penelitian Terdahulu

3. Pengumpulan Data

Merupakan tahap mengumpulkan data yang diperlukan untuk mendukung perancangan sistem pengolahan air limbah domestik dan laboratorium, yang terdiri dari data primer berupa:

- Fluktuasi debit air bersih
 Nilai fluktuasi debit air bersih dilakukan melalui pengamatan langsung (*survey*) di lokasi perencanaan. Akan tetapi, karena lokasi perencanaan pada tugas akhir ini berupa sebuah gedung perkantoran yang masih dalam tahap pembangunan dan belum beroperasi, pengamatan langsung tidak dapat dilakukan. Untuk mengatasi hal tersebut, pengamatan langsung dilakukan di lokasi yang memiliki fungsi yang sama dengan gedung perkantoran tersebut, yakni gedung di lima jurusan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) ITS Surabaya.

Pengamatan dilakukan pada meteran air gedung yang terletak setelah tandon untuk mendapatkan kebutuhan air per jam dan berdasarkan perubahan volume pada tandon setiap jam. Untuk itu diperlukan keterangan jadwal pemompaan, debit pompa dan jam kerja gedung. Pengamatan dilakukan selama seminggu hari kerja, dengan asumsi setiap minggu memiliki fluktuasi yang serupa. Debit air bersih bulanan juga diperlukan sebagai suatu perbandingan dalam pengamatan langsung.

- Debit air limbah domestik
 Debit air limbah domestik didapatkan dari pengamatan debit air bersih dan diambil sebesar 80% dari jumlah debit air bersih, dimana perhitungannya berdasarkan persamaan (2.1) pada *sub sub-bab* 2.2.3.
- Karakteristik dan kualitas air limbah
 Untuk mendapatkan data karakteristik dan kualitas air limbah, dilakukan *sampling* langsung pada sumber limbah dan pengujian kualitas dilakukan di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan ITS.

Dan data sekunder, antara lain:

- Debit air limbah laboratorium

- Denah bangunan
- Rencana pemakaian ruang
- Fasilitas
- Luas lahan
- HSPK Kota Surabaya

Denah bangunan, rencana pemakaian ruang, fasilitas dan luas lahan didapatkan dari Sarana dan Prasarana ITS.

4. Hasil dan Pembahasan

Tahap hasil dan pembahasan merupakan tahap pengolahan dan analisis data yang telah dikumpulkan untuk kemudian dijadikan sebagai bahan merancang sistem pengolahan air limbah. Pengolahan dan analisis data yang dilakukan pada tahap ini adalah:

- Pembuatan skema pengolahan
Dari unit pengolahan untuk air limbah laboraatorium dan domestik yakni bak netralisasi, *grease trap*, bak ekualisasi, tangki septik, *anaerobic filter* dan filter, masing – masing dibuatkan skema pengolahannya. Hal ini bertujuan untuk memberi gambaran rencana pengolahan dan mempermudah perencanaan dalam merencanakan unit pengolahan.
- Perhitungan unit pengolahan
Perhitungan untuk masing – masing unit pengolahan mengikuti panduan perhitungan Tchobanoglous, *et al* (2014) dan Sasse (1998) yang telah dicantumkan pada *sub bab* 2.6 sebelumnya, dengan unit pengolahan yakni bak netralisasi, *grease trap*, bak ekualisasi, tangki septik, *anaerobic filter* dan filter.
- Perancangan gambar unit pengolahan
Setelah perhitungan unit pengolahan selesai, langkah selanjutnya ialah perancangan gambar unit pengolahan. *Software* yang digunakan ialah *AutoCAD 2007* dengan data gambar berdasarkan perhitungan unit pengolahan.
- Perhitungan BOQ dan RAB

Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) didapatkan dari hasil perhitungan unit pengolahan yang selanjutnya diterangkan dalam rupiah dengan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) untuk mengetahui total biaya yang diperlukan pada tahap pembangunan.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran dibuat setelah melakukan semua proses perancangan. Kesimpulan dan saran ini bertujuan untuk mendapatkan suatu kalimat singkat, padat, dan jelas yang dapat memberikan gambaran yang jelas terhadap detail perancangan ini serta rekomendasi terhadap perancangan sistem pengolahan air limbah.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Debit Pemakaian Air Bersih

Sebanyak 80% dari pemakaian air bersih akan keluar menjadi air limbah, sehingga hal pertama yang harus dilakukan dalam menentukan debit air limbah ialah mengetahui besarnya debit pemakaian air bersih.

Tabel 4.1 Pemakaian Air Bersih ITS

Bulan	Total Pemakaian (m³)
Januari	33460
Februari	33631
Maret	30619
April	34927
Mei	29708
Juni	33393
Juli	29362
Agustus	31651
September	27583
Oktober	38903
November	32938
Desember	31455
Total	387630

Sumber: Sarana dan Prasarana ITS, 2016

Berdasarkan perbandingan jumlah dosen, tenaga pendidikan dan mahasiswa FMIPA, dengan jumlah dosen, tenaga pendidikan dan mahasiswa ITS (21.888 orang), dimana terdapat 186 orang dosen, 80 orang tenaga pendidikan (Biro Sumber Daya Manusia dan Organisasi ITS, 2017) dan 3037 mahasiswa di

FMIPA (BAAK ITS, 2017), FMIPA menyumbang sebesar 15,1% dalam pemakaian air bersih ITS setiap bulan. Pemakaian air bersih FMIPA dari total pemakaian air bersih ITS ialah sebesar rata – rata 4874,6 m³/bulan atau sebesar 162,5 m³/hari.

Tabel 4.2 Pemakaian Air Bersih FMIPA ITS

Bulan	Total Pemakaian (m³)
Januari	5049,3
Februari	5075,1
Maret	4620,5
April	5270,6
Mei	4483,1
Juni	5039,2
Juli	4430,9
Agustus	4776,3
September	4162,4
Oktober	5870,6
November	4970,5
Desember	4746,7
Total	58495,2
Rata - rata sebulan	4874,6
Rata - rata sehari	162,5

Sumber: Hasil perhitungan

4.2. Pre Treatment Air Limbah Laboratorium

Dalam merancang sistem pengolahan air limbah laboratorium dibagi ke dalam tiga *sub bab* utama, yakni debit air limbah laboratorium, kualitas air limbah laboratorium dan perhitungan unit pengolahan.

4.2.1. Debit Air Limbah Laboratorium

Pengolahan air limbah dari kegiatan laboratorium dilakukan setelah penampungan limbah (selama 1 semester atau 6 bulan), sehingga debit 6 bulan tersebut merupakan debit harian air limbah laboratorium. Total volume tampungan air limbah laboratorium ialah sebesar 0,85 m³, dengan rincian sebagai berikut:

• Lab. Fundamental I	= 150 L
• Lab. Fundamental II	= 150 L
• Lab. Mikroorganisme	= 100 L
• Lab. Bahan Alam dan Sintetik	= 50 L
• Lab. Instrumental	= 100 L
• Lab. Kimia Material	= 100 L
Total	= 850 L
• Total lab biologi	= 200 L
Total keseluruhan	= 850 L
	= 0,85 m³

Terdapat sebelas laboratorium di FMIPA yang menghasilkan limbah cair *chemical* dan juga menggunakan air bersih pada pelaksanaan kegiatannya, seperti cuci – cuci peralatan. Sebanyak 10% dari pemakaian air bersih (**Tabel 4.2**) digunakan untuk kegiatan laboratorium dan menjadi limbah laboratorium, dengan penjelasan bahwa sebanyak 2,1% digunakan untuk kegiatan cuci – mencuci (*sink*) laboratorium dan 7,9% untuk pengenceran air limbah digunakan untuk keperluan laboratorium, sehingga besarnya debit air limbah laboratorium ialah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Pemakaian air bersih laboratorium} &= 10\% \times 162,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 16,3 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Total debit air limbah} &= 0,85 \text{ m}^3/\text{hari} + 16,3 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 17,1 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

4.2.2. Kualitas Air Limbah Laboratorium

Penentuan kualitas air limbah laboratorium dilakukan dengan cara pengambilan *sample* atau contoh air limbah secara langsung yang dilanjutkan dengan uji laboratorium terhadap

parameter – parameter BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, nitrogen, fosfat, klor, deterjen, fenol, total coliform dan pH (parameter berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013). *Sampling* (pengambilan *sample*) dilakukan di 6 laboratorium Jurusan Teknik Kimia FMIPA dan 5 laboratorium Jurusan Biologi FMIPA. Teknik *sampling* yang digunakan ialah *composite sampling*. Pemilihan teknik *sampling* berdasarkan kepada kondisi eksisting pengolahan limbah laboratorium yang pengumpulannya dijadikan satu (dicampur). *Sample* air limbah yang diambil merupakan air limbah sisa praktikum yang telah disimpan selama rata – rata satu semester atau enam bulan (lebih dari 90 hari). Uji laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, ITS. Hasil uji laboratorium *sample* dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Kualitas Air Limbah Laboratorium

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu*)	Hasil Analisa **)	Metode Analisa
1	pH	-	6 - 9	1,3	pH meter
2	TSS	mg/L	35	938	Gravimetri
3	COD	mg/L O ₂	85	29700	Reflux / Tetrimetri
4	BOD	mg/L O ₂	35	10690	Winkler
5	Minyak & lemak	mg/L	5	5900	Gravimetri
6	Nitrogen	mg/L NH ₃ -N	0,1	717,7	Kjeldahl
7	Fosfat	mg/L PO ₄ -P	2	298,13	Spektrofotometri
8	Klor	mg/L Cl ₂	0,5	0	Iodimetri
9	Deterjen	mg/L LAS	5	158,57	Spektrofotometri
10	Fenol	mg/L	0,5	6,03	Spektrofotometri
11	Total koliform	MPN/100 mL	4000	0	Fermentasi multi tabung

Sumber:

*)Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013

**)Hasil perhitungan

Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa nilai kualitas air limbah laboratorium FMIPA tergolong tinggi untuk setiap parameternya, kecuali untuk kandungan khlor dan total koliform dimana memiliki nilai 0. Air limbah tersebut juga bersifat sangat asam, diketahui dari nilai pH yang tercatat sebesar 1,33. Tingginya nilai kualitas air limbah kemungkinan disebabkan oleh lamanya waktu penyimpanan, dan kuantitas air limbah yang kecil sehingga konsentrasi air limbah menjadi lebih pekat. Untuk menghemat biaya penurunan kualitas air limbah, dilakukan pengenceran antara *sample* 6 bulan air limbah dengan 10% pemakaian air bersih laboratorium, seperti yang dicantumkan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Kualitas Air Limbah Laboratorium setelah Pengenceran

Parameter	Satuan	Baku Mutu*)	Hasil Analisa**)	Konsentrasi Campuran
pH	-	6 - 9	1,33	-
TSS	mg/L	35	938	77,7
COD	mg/L O ₂	85	29700	1484,0
BOD	mg/L O ₂	35	10690	538,3
Minyak & lemak	mg/L	5	5900	283,5
Nitrogen	mg/L NH ₃ -N	0,1	717,7	34,0
Phospat	mg/L PO ₄ -P	2	298,13	16,0
Khlor	mg/L Cl ₂	0,5	0	0,5
Deterjen	mg/L LAS	5	158,57	12,3
Fenol	mg/L	0,5	6,03	0,8
Total koliform	MPN/100 mL	4000	0	0,0

Sumber:

*)Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013

**)Hasil perhitungan

Air limbah laboratorium yang didapat dari 10% pemakaian air bersih digunakan untuk kegiatan mencuci (alat – alat praktikum dan sebagainya), sehingga dapat disebut dengan Q sink. Kualitas Q sink ini idealnya diambil sebagai *sample* kemudian diujikan di laboratorium. Akan tetapi dikarenakan tidak tersedianya titik untuk melakukan *sampling* terhadap Q sink, maka kualitas nya diasumsikan sama dengan baku mutu effluen air limbah laboratorium. Proses pengenceran kualitas air limbah laboratorium (Tabel 4.9) menggunakan persamaan:

$$[C]_{1,2} = \frac{(Q_1[C]_1) + (Q_2[C]_2)}{Q_1 + Q_2}$$

Dimana: $[C]_{1,2}$ = Konsentrasi campuran (mg/L)

Q_1 = Debit laboratorium (6 bulan)
(m³/hari)

$[C]_1$ = Konsentrasi laboratorium (6 bulan)
(mg/L)

Q_2 = Debit sink (m³/hari)

$[C]_2$ = Konsentrasi sink (mg/L)

Berikut merupakan contoh perhitungan kualitas air limbah setelah pengenceran untuk parameter TSS:

Diketahui Q_1 = 0,85 m³/hari

C_1 = 938 mg/L

Q_2 = 16,3 m³/hari

C_2 = 35 mg/L

Perhitungan

$$[C]_{1,2} = \frac{(0,85 \text{ m}^3/\text{hari} \times 938 \text{ mg/L}) + (16,3 \text{ m}^3/\text{hari} \times 35 \text{ mg/L})}{0,85 \text{ m}^3/\text{hari} + 16,3 \text{ m}^3/\text{hari}}$$
$$= 77,7 \text{ mg/L}$$

4.2.3. Perhitungan Unit Pre Treatment Air Limbah Laboratorium

Dari hasil analisa laboratorium kualitas air limbah domestik, diketahui bahwa nilai pH yang dimiliki ialah 1,33 dimana nilai tersebut menunjukkan bahwa air limbah bersifat sangat asam, dan kandungan minyak dan lemak yang dimiliki juga tinggi. Kedua

parameter tersebut dapat mengganggu berlangsungnya proses pengolahan biologis yang direncanakan, sehingga sebuah proses *pre treatment* diperlukan, yakni menggunakan unit bak netralisasi. Sedangkan untuk *grease trap* akan diletakkan sebelum unit bak ekualisasi, sebagai *pre treatment* limbah campuran domestik dan laboratorium.

A. Bak Netralisasi

Bak netralisasi, atau tangki netralisasi, digunakan untuk mencampurkan basa dengan air limbah (asam), agar mencapai pH netral yang dikehendaki. Berikut merupakan perhitungan untuk menentukan kebutuhan bak netralisasi dan bak pembubuh.

Direncanakan:

- Waktu detensi (td) = 5 menit
- Bentuk bak = *circular*
- Kecepatan putaran (n) = 100 rpm
- Viskositas, 28°C (μ) = $0,8363 \times 10^{-3}$ N detik/m²
- Gradien kecepatan (G) = 300/detik
- Mixer low shear hydrofoil 2 blade (K_T) = 0,6
- Densitas air, 28°C (ρ) = 996,26 kg/m³

Perhitungan:

- Volume bak (V) = $Q \times td$
 $= (17,1 \text{ m}^3/\text{hari} / 600) \times 5 \text{ menit}$
 $= 0,1425 \text{ m}^3$
- Kedalaman bak = 50 cm
- Luas permukaan (A) = V / H
 $= 0,1425 \text{ m}^3 / 0,5 \text{ m}$
 $= 0,285 \text{ m}^2$
- Diameter bak (D) = $((4 \times A) / 3,14)^{0,5}$
 $= ((4 \times 0,285 \text{ m}^2) / 3,14)^{0,5}$
 $= 0,6025 \text{ m}$
 $= 0,65 \text{ m (dipilih)}$
- Volume = $(1/4 \times 3,14 \times D^2) \times H$
 $= (1/4 \times 3,14 \times 0,65^2) \times 0,5$
 $= 0,166 \text{ m}^3$
- Cek kedalaman (H)

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,65)^2 \text{ m} \\
 &= 0,332 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= V / A \\
 &= 0,1425 \text{ m}^3 / 0,332 \text{ m}^2 \\
 &= 0,43 \text{ m} \\
 &= 43 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Pengadukan bak netralisasi
 Daya untuk pengadukan menggunakan persamaan

$$P = G^2 \times \mu \times V$$

Dimana: P = Daya, N-m/det, Watt
 G = Gradien kecepatan
 μ = viskositas, (N det/m²)
 V = volume bangunan, (m³)

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 P &= \left(\frac{300}{\text{detik}} \right)^2 \times 0,8363 \times 10^{-3} \text{ N} \frac{\text{det}}{\text{m}^2} \times 0,166 \text{ m}^3 \\
 &= 12 \text{ N-m/det} \\
 &= 12 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Diameter impeller

Diameter impeller didapatkan menggunakan persamaan

$$\begin{aligned}
 D &= \left(\frac{P}{K_T n^3 \rho} \right)^{1/5} \\
 &= \left(\frac{12 \text{ N-m/det}}{0,6 (1,667^3 \text{ rps}) 996,26 \text{ kg/m}^3} \right)^{1/5} \\
 &= 0,34 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Cek rasio diameter impeler dengan diameter bak

$$\begin{aligned}
 D/Te &= 0,34 \text{ m} / 0,65 \text{ m} \\
 &= 0,52
 \end{aligned}$$

Cek bilangan Reynolds (N_{RE})

Besar bilangan Reynolds didapatkan melalui persamaan

$$\begin{aligned}
 N_{RE} &= \frac{n \times D^2 \times \rho}{\mu} \\
 N_{RE} &= \frac{1,667 \text{ rps} \times 0,34^2 \times 996,26 \text{ kg/m}^3}{0,8363 \times 10^{-3} \text{ N detik/m}^2} \\
 &= 229564,1
 \end{aligned}$$

Nilai N_{RE} melebihi 10000 sehingga aliran air memenuhi kategori turbulen.

- Pembubuhan, menggunakan NaOH yang dilarutkan untuk digunakan dalam fase cair, dalam bak pembubuh.

Dosis pembubuhan:

Diketahui:

Volume air limbah lab. = $0,85 \text{ m}^3$

pH air limbah = 1,33

Volume air limbah + wastafel = $17,1 \text{ m}^3$

Pendekatan untuk air limbah = HCl

pH campuran

$$1,33 = -\log [H^+]$$

$$[H^+] = 10^{-1,33}$$

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$10^{-1,33} \times 0,85 = M_2 \times 17,1$$

$$M_2 = 2,3 \times 10^{-3}$$

pH campuran = 2,64

Dosis yang dibutuhkan

$$M_2 \cdot V_2 = M_3 \cdot V_3$$

$$2,3 \times 10^{-3} \times 17,1 = 1 \text{ M} \times V_3$$

$$V_3 = 0,04 \text{ m}^3$$

$$= 40 \text{ L}$$

Dosis yang dibutuhkan ialah 40 L NaOH 1 M atau sebanyak 1600 gram atau 1,6 kg.

Dimensi bak:

Diketahui:

Jumlah bak = 1 buah

Debit (Q) = $17,1 \text{ m}^3/\text{hari}$

Tangki berbentuk tabung

Kedalaman (H) = 0,5 m

Luas permukaan (A) = Volume larutan / H

$$= 0,04 \text{ m}^3 / 0,5 \text{ m}$$

$$= 0,08 \text{ m}^2$$

Diameter bak = $[(4 \times 0,08 \text{ m}^2) / 3,14]^{0,5}$

$$= 0,32 \text{ m}$$

Diameter yang digunakan ialah 0,5 m

Desain pipa penyaur menggunakan *dosing pump*,
Direncanakan:

$$\begin{aligned}
 v &= 1 \text{ m/s} \\
 \text{Lama penginjeksian} &= 5 \text{ menit} \\
 Q \text{ injeksi} &= V \text{ larutan} / \text{Waktu injeksi} \\
 &= 0,04 \text{ m}^3 / 5 \text{ menit} \\
 &= 8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{menit} \\
 &= 0,00013 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 A \text{ pipa} &= Q \text{ injeksi} / v \text{ rencana} \\
 &= 0,00013 \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/detik} \\
 &= 0,00013 \text{ m}^2 \\
 \text{Diameter pipa} &= (4 \times A / 3,14)^{0,5} \\
 &= (4 \times 0,00013 \text{ m}^2 / 3,14)^{0,5} \\
 &= 0,013 \text{ m} \\
 &= 13 \text{ mm} \\
 \text{Diameter terpakai} &= 22 \text{ mm (1/2") } \\
 \text{Cek } v &= Q / A \\
 &= 0,00013 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,00038 \text{ m}^2 \\
 &= 0,34 \text{ m/detik} \\
 \text{Kebutuhan pompa} & \\
 \text{Hf mayor pipa suction} &= \left[\frac{Q}{(0,2785).C.D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\
 &= \left[\frac{1,3 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{(0,2785).120.(0,022)^{2,63}} \right]^{1,85} \times 0,7 \text{ m} \\
 &= 0,008 \text{ m} \\
 \text{Hf mayor pipa discharge} & \\
 &= \left[\frac{1,3 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{(0,2785).120.(0,022)^{2,63}} \right]^{1,85} \times 0,8 \text{ m} \\
 &= 0,0091 \text{ m} \\
 \text{Hf minor} &= k \frac{v^2}{2.g} \\
 3 \text{ elbow } 90^\circ \quad (k = 0,3) & \\
 &= 3 \times \left(0,3 \frac{(0,34)^2}{2,9,81} \right) \\
 &= 0,0053 \text{ m} \\
 1 \text{ gate valve} \quad (k = 0,19) & \\
 &= 0,19 \frac{(0,34)^2}{2,9,81} \\
 &= 0,00112 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &1 \text{ check valve } (k = 0,25) \\
 &= 0,25 \frac{(0,34)^2}{2 \cdot 9,81} \\
 &= 0,0015 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_f \text{ statis} &= 0,13 \text{ m} \\
 \text{Total head} &= H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor} + H_f \text{ statis} \\
 &= 0,0171 + 0,00792 + 0,13 \text{ m} \\
 &= 0,15502 \text{ m} \approx 0,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Pompa yang digunakan adalah Pompa Magnetic Driver MD-70 (Pompa Akuarium), dengan detail spesifikasi:

- Daya = 135 W
- Laju debit maksimum = 4.680 L/jam
- Head maksimum = 8,5 m
- Inlet & outlet = 1 inch

Untuk menjaga ketahanan pengaduk bak netralisasi dari korosi terhadap bahan kimia yang bersifat asam dan basa, maka pengaduk perlu dilapisi dengan lapisan tambahan (*coating*) yang tahan terhadap korosi bahan kimia. Hal ini juga bertujuan untuk mengurangi biaya pergantian pengaduk (*impeller*), karena jika terjadi korosi maka bukan pengaduk, melainkan pelapis tersebut yang akan diganti.

Berikut adalah rangkuman dari perhitungan dimensi bak netralisasi yang dibutuhkan:

Tabel 4.5 Dimensi Bak Netralisasi dan Bak Pembubuh

<u>Bak Netralisasi</u>		
Diameter	0,65	m
Tebal dinding	0,15	m
Total panjang	0,95	m
Kedalaman air	0,43	m
ruang kosong	0,3	m
tebal plat bawah	0,15	m
Kedalaman total	0,85	m

<u>Bak Pembubuh</u>		
Diameter	0,5	m
Tebal dinding	0,15	m
Total panjang	0,8	m
Kedalaman air	0,5	m
ruang kosong	0,3	m
tebal plat bawah	0,15	m
Kedalaman total	0,95	m

B. Pipa

- **Pipa outlet bak netralisasi / inlet grease trap**

Direncanakan:

Debit influen (Q) = 17,1 m³/hari

Jumlah pipa = 1 buah

Kecepatan (v) = 1 m/detik

Perhitungan:

Debit per pipa (Q) = Q / jumlah pipa
= 17,1 m³/hari / 1 buah
= 17,1 m³/hari.pipa
= 1,71 m³/jam
= 0,00048 m³/detik

Q = Luas (A) x v

Luas (A) = Q / v
= 0,00048 m³/detik / 1 m/detik
= 0,00048 m²

Diameter (D) = ((4 x A) / 3,14)^{1/2}
= ((4 x 0,00048 m²) / 3,14)^{1/2}
= 0,02463 m
= 24,63 mm

Diameter minimal untuk air limbah ialah 2", sama dengan 50 mm (dengan diameter luar 63 mm) atau 4", sama dengan 100 mm (dengan diameter luar 110 mm). Dari hasil perhitungan, diameter yang didapatkan ialah 24,63 mm, dan diameter minimal yang dipilih ialah ukuran 2".

Luas (A) = $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,05 \text{ m})^2 \\
 &= 0,00196 \text{ m}^2 \\
 \text{Cek kecepatan (v)} &= Q / A \\
 &= 0,00048 \text{ m/detik} / 0,00196 \text{ m}^2 \\
 &= 0,24 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

• **Headloss bak netralisasi menuju grease trap**

Perhitungan:

a. Head mayor

$$\begin{aligned}
 \text{Direncanakan kecepatan air (v)} &= 1 \text{ m/detik} \\
 \text{Direncanakan panjang pipa (m)} &= 3,2 \text{ m} \\
 \text{Debit (Q)} &= 17,1 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 4,75 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Penentuan diameter (D)

$$\begin{aligned}
 A &= Q / v \\
 &= 4,75 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/detik} \\
 &= 4,75 \times 10^{-4} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{\sqrt{4 \times A}}{\pi} \\
 &= \frac{\sqrt{4 \times 4,75 \times 10^{-4} \text{ m}^2}}{3,14} \\
 &= 0,0246 \text{ m} \\
 &= 24,6 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penentuan kehilangan tekanan ($H_{f\text{ mayor}}$)

$$\begin{aligned}
 H_{f\text{ mayor}} &= \left[\frac{Q}{(0,2785) \cdot C \cdot D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\
 &= \left[\frac{4,75 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{(0,2785) \cdot 120 \cdot (0,05)^{2,63}} \right]^{1,85} \times 3,2 \text{ m} \\
 &= 0,0074 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan kehilangan tekanan minor ($H_{f\text{ minor}}$)

$$H_{f\text{ minor}} = k \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Jenis aksesoris:

- 3 Elbow 90° ($k = 0,3$)

$$\begin{aligned}
 H_f &= 0,3 \times ((1 \text{ m/detik})^2 / (2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2)) \\
 &= 0,015 \text{ m} \\
 H_f &= 3 \times 0,015 \text{ m} \\
 &= 0,045 \text{ m}
 \end{aligned}$$
- 1 Gate valve ($k = 0,19$)

$$H_f = 0,19 \times ((1 \text{ m/detik})^2 / (2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2))$$

$$H_f = 0,0097 \text{ m}$$

c. Total head

H total

$$= H_{f_{\text{mayor}}} + H_{\text{minor}}$$

$$= 0,0074 \text{ m} + 0,0547 \text{ m}$$

$$= 0,0621 \text{ m}$$

4.3. Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik dan Laboratorium

Dalam merancang sistem pengolahan air limbah domestik dan laboratorium dibagi ke dalam tiga sub bab utama, yakni debit air limbah domestik, kualitas air limbah domestik dengan laboratorium dan perhitungan unit pengolahan. Debit dan kualitas air limbah laboratorium telah dijelaskan pada *sub subbab* 4.2.1 dan 4.2.2.

4.3.1. Debit Air Limbah Domestik

Seperti yang telah dijelaskan pada *sub subbab* 4.2.1 bahwa sebanyak 10% dari pemakaian air bersih digunakan untuk kegiatan laboratorium dan menjadi limbah laboratorium, sehingga sebanyak 90% sisanya digunakan dalam kegiatan domestik dan menjadi limbah air domestik (80%). Berdasarkan kondisi di atas dan data pemakaian air bersih FMIPA ITS (**Tabel 4.2**), didapatkan debit air limbah domestik sebesar 117 m³/hari atau rata – rata 4,88 m³/jam.

4.3.2. Kualitas Air Limbah Domestik

Penentuan kualitas air limbah dilakukan dengan cara pengambilan *sample* atau contoh air limbah secara langsung yang dilanjutkan dengan uji laboratorium terhadap parameter – parameter BOD, COD, TSS, dan pH (parameter berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013). *Sampling* (pengambilan *sample*) dilakukan di Jurusan Teknik Lingkungan ITS dikarenakan kondisi eksisting lapangan (FMIPA) yang tidak memungkinkan untuk dijadikan lokasi *sampling*, seperti: tangki septik yang tertanam di bawah tanah atau tertutup *paving*, tangki septik yang tidak diketahui lokasinya, dan tangki septik yang telah rusak *manhole* nya sehingga sulit jika akan dilakukan *sampling*.

Untuk mengatasi hal tersebut, dipilih alternatif lokasi *sampling* pada gedung dengan kemiripan fungsi, yakni Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Teknik *sampling* yang digunakan ialah *composite sampling* dan dilaksanakan selama dua kali, pada Hari Selasa dan Jumat di jam yang sama. Uji laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, ITS. Hasil uji laboratorium *sample* dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Data Kualitas Air Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa***		Rata - rata	Metode Analisa
				I	II		
1	pH	-	6 - 9	6,35	6,65	6,5	pH meter
2	TSS	mg/L	30**	84	186	135	Gravimetri
3	COD	mg/L O ₂	50*	183	46	114,5	Reflux /Tetrimetri
4	BOD	mg/L O ₂	30**	112	26	69	Winkler
5	Minyak & Lemak	mg/L	5**	16	4	10	Gravimetri

Sumber:

**)Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013*

****)Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016*

****)Hasil Uji Laboratorium*

Dari data tersebut diketahui bahwa kualitas air limbah domestik pada Hari Selasa lebih besar dibandingkan dengan kualitas air limbah domestik pada Hari Jumat. Kedua data tersebut kemudian dicari nilai rata – ratanya, seperti pada Tabel 4.3, sehingga didapatkan kualitas air limbah domestik untuk perancangan sistem pengolahan air limbah domestik gedung perkantoran, yakni:

- pH : 6,5
- TSS : 135 mg/L
- COD : 114,5 mg/L
- BOD : 69 mg/L
- Minyak dan Lemak : 10 mg/L

4.3.3. Debit dan Kualitas Campuran Air Limbah Domestik dengan Laboratorium

Air limbah domestik dan air limbah laboratorium yang dihasilkan kemudian akan diolah secara bersama – sama (penggabungan pengolahan air limbah domestik dan laboratorium). Penggabungan dilakukan setelah proses *pre treatment* air limbah domestik di bak netralisasi. Dengan penggabungan pengolahan air limbah, maka akan menghemat jumlah unit pengolahan dan lahan yang dibutuhkan. Debit air limbah yang digunakan didapatkan dari penjumlahan debit air limbah domestik dan laboratorium yakni sebesar 134,1 m³/hari.

Tabel 4.7 Kualitas Air Limbah Domestik dan Laboratorium

Parameter	Satuan	Baku Mutu ¹⁾	Konsentrasi Laboratorium ²⁾	Konsentrasi Domestik ²⁾	Konsentrasi Campuran ³⁾
pH	-	6 - 9	1,3	6,5	-
TSS	mg/L	35	77,7	135	127,7
COD	mg/L O ₂	85	1484,0	114,5	289,5
BOD	mg/L O ₂	35	538,3	69	129,0
Minyak & lemak	mg/L	5	283,5	10	45,0
Nitrogen	mg/L NH ₃ -N	0,1	34,0	35,52	35,3
Phospat	mg/L PO ₄ -P	2	16,0	7	8,1
Khlor	mg/L Cl ₂	0,5	0,5	0	0,1
Deterjen	mg/L LAS	5	12,3	0	1,6
Fenol	mg/L	0,5	0,8	0	0,1
Total koliform	MPN/100 mL	4000	0,0	0	0,0

Sumber:

1) Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013

2) Hasil analisis laboratorium

3) Hasil perhitungan

Berikut merupakan contoh perhitungan kualitas air limbah setelah pengenceran untuk parameter TSS:

$$\begin{aligned}\text{Diketahui } Q_1 &= 17,1 \text{ m}^3/\text{hari} \\ C_1 &= 77,7 \text{ mg/L} \\ Q_2 &= 117 \text{ m}^3/\text{hari} \\ C_2 &= 135 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Perhitungan

$$\begin{aligned}[C]_{1,2} &= \frac{(17,1 \text{ m}^3/\text{hari} \times 77,7 \text{ mg/L}) + (117 \text{ m}^3/\text{hari} \times 135 \text{ mg/L})}{17,1 \text{ m}^3/\text{hari} + 117 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 127,7 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Berdasarkan konsentrasi air limbah campuran yang didapatkan, unit pengolahan air limbah yang digunakan yakni proses biologis. Pemilihan penggunaan unit pengolahan berdasarkan kepada rasio perbandingan BOD/COD air limbah yang masuk ke dalam kategori air limbah dengan tingkat biodegradabilitas yang sesuai untuk pengolahan biologis, yakni 0,45 (kriteria 0,3 – 0,6). Unit pengolahan air limbah secara berurutan:

a. Grease Trap

Nilai konsentrasi minyak dan lemak pada air limbah campuran domestik dengan laboratorium yang belum sesuai dengan baku mutu menyebabkan dibutuhkan suatu unit pemisahan, *grease trap*, sebelum air limbah masuk ke dalam unit pengolahan biologis.

b. Bak Ekualisasi

Air limbah yang masuk memiliki besar debit yang berbeda – beda setiap jam (fluktuatif). Unit bak ekualisasi berfungsi untuk menyamakan kuantitas debit air limbah, sehingga air limbah *influen* ke dalam tangki septik memiliki debit yang konstan.

c. Tangki Septik

Tangki septik dalam perancangan ini berfungsi juga sebagai bak pengendap awal sebelum memasuki *anaerobic filter*. Letaknya direncanakan menempel dengan *anaerobic filter* sehingga dikatakan sebagai tangki septik yang terintegrasi.

d. Anaerobic Filter

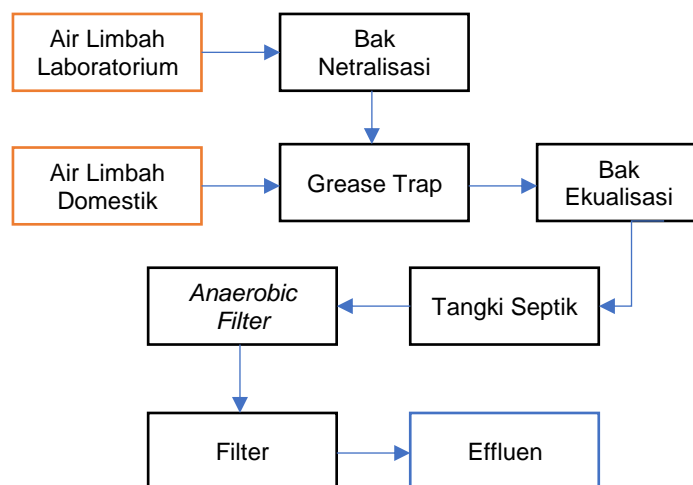
Anaerobic filter merupakan unit pengolahan biologis menggunakan sistem *attached growth*, yakni dimana

mikroorganisme yang digunakan untuk mengolah air limbah tumbuh pada media filter. *Anaerobic filter* digunakan karena membutuhkan lahan yang lebih kecil (Hamid, 2014) dan nilai *removal* yang tinggi serta biaya operasi rendah (Rakhmadany, 2013).

e. Filter dengan karbon aktif dan pasir silika.

Unit pengolahan filter digunakan untuk menurunkan konsentrasi nitrogen dan fosfat yang tinggi. Berdasarkan SNI 06-3730-1995, karbon aktif memiliki daya serap I_2 (daya serap partikel – partikel kecil, termasuk diantaranya nitrogen) sebesar 750 mg/g, dengan daya serap minimal 20%. Kombinasi media filter karbon aktif dan pasir silika, berdasarkan penelitian Chrisafitri dan Karnaningroem (2012), dapat menurunkan fosfat hingga 72%.

Skema pengolahan air limbah domestik dengan laboratorium dapat dilihat pada **Gambar 4.1** berikut.



Gambar 4.1 Alur Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Laboratorium

4.3.4. Perhitungan Unit Pengolahan

Pada *sub subbab* ini dilakukan perhitungan unit pengolahan air limbah domestik dengan laboratorium yang direncanakan, terdiri dari perhitungan unit *grease trap*, bak ekualisasi, tangki septik, *anaerobic filter*, dan filter.

A. Grease Trap

Perhitungan kebutuhan unit *grease trap* ialah sebagai berikut:

Direncanakan:

- Debit air limbah (Q) = 134,1 m³/hari
- Waktu tinggal (td) = 30 menit
- Rasio p:l = 2:1
- Kedalaman air (H) = 1 m
- Freeboard = 0,3 m

Perhitungan kompartemen I:

- Volume bak (V)
$$V = Q \times td$$
$$= (134,1 \text{ m}^3/\text{hari} / (60 \text{ menit} \times 13 \text{ jam})) \times 30 \text{ menit}$$
$$= 5,2 \text{ m}^3$$
- Luas permukaan bak (A)
$$A = V / H$$
$$= 5,2 \text{ m}^3 / 1 \text{ m}$$
$$= 5,2 \text{ m}^2$$
- Lebar (l)
$$A = 2l^2$$
$$l = (A/2)^{0,5}$$
$$= (5,2 \text{ m} / 2)^{0,5}$$
$$= 1,61 \text{ m}$$
$$\approx 2 \text{ m}$$
- Panjang (p)
$$p = 2 \times l$$
$$= 2 \times 2 \text{ m}$$
$$= 4 \text{ m}$$

- Cek t_d
 $t_d = V / Q$
 $= (2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}) / (134,1 \text{ m}^3/\text{hari})$
 $= 0,0596 \text{ hari}$
 $= 46,5 \text{ menit (terpenuhi)}$
- Penyisihan minyak dan lemak
 Konsentrasi influen $= 45 \text{ mg/L}$
 Efisiensi penyisihan (%) $= 80\%$ (Wongthanate, *et al*, 2014)
 Konsentrasi effluen $= (100\% - 80\%) \times \text{influen}$
 $= 20\% \times 45 \text{ mg/L}$
 $= 9 \text{ mg/L}$

Konsentrasi effluen belum sesuai dengan baku mutu, akan tetapi *grease trap* mampu menurunkan konsentrasi minyak dan lemak hingga mencapai di bawah 10 mg/L. Selanjutnya minyak dan lemak akan mengalami proses degradasi di dalam unit *anaerobic filter*.

Grease trap dalam pengoperasiannya akan mengalami pengumpulan minyak dan lemak di permukaan air yang memerlukan proses pengurasan. Direncanakan suatu unit tambahan, yakni bak kontrol, yang berfungsi sebagai media untuk pengurasan dan untuk mengetahui apakah kandungan minyak dan lemak sudah mencapai tinggi maksimum yang direncanakan atau belum. Berikut merupakan perhitungan dari bak kontrol.

Direncanakan:

- Jumlah bak $= 1 \text{ buah}$
- Panjang $= 0,6 \text{ m}$
- Lebar $= 0,6 \text{ m}$
- Ketinggian total $= 0,5 \text{ m}$
- Minyak & lemak terapung $= 36 \text{ mg/L}$
 $= 4830 \text{ g/hari}$
- Massa jenis minyak $= 0,8 \text{ gram/cm}^3$

Perhitungan:

- Ketinggian minyak & lemak

$$\begin{aligned}
 &= 4830 \text{ g/hari} : 0,8 \text{ gram/cm}^3 \\
 &= 6038 \text{ cm}^3/\text{hari} \\
 &= 0,00604 \text{ m}^3 \\
 \text{Luas permukaan} &= 0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \\
 &= 0,36 \text{ m}^2 \\
 \text{H minyak} &= 0,00604 \text{ m}^3 : 0,36 \text{ m}^2 \\
 &= 0,0167 \text{ m} \\
 &= 0,02 \text{ m} = 2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Berikut adalah rangkuman dimensi untuk *grease trap* dan bak kontrol:

Tabel 4.8 Dimensi Grease Trap dan Bak Kontrol

GREASE TRAP		
Kedalaman Air	1	m
Kedalaman ruang kosong	0,3	m
plat bawah	0,2	m
plat atas	0,15	m
Kedalaman total	1,65	m
Panjang	4	m
Panjang ruang kosong	1	m
Tebal dinding	0,2	m
Tebal baffle	0,15	m
Panjang Total	5,7	m
Lebar	2	m
Tebal dinding	0,2	m
Lebar total	2,4	m
BAK KONTROL		

Panjang	0,6	m
Tebal dinding	0,2	m
Panjang Total	1	m
Lebar	0,6	m
Tebal dinding	0,2	m
Lebar Total	1	m
Ketinggian	0,5	m
Plat bawah	0,2	m
Plat atas	0,15	m
Ketinggian Total	0,85	m

B. Bak Ekualisasi

- Penentuan Dimensi Bak Ekualisasi

Dalam menentukan dimensi bak ekualisasi, perlu diketahui besar fluktuasi pemakaian air bersih per jam, yang kemudian akan menjadi fluktuasi produksi air limbah per jam. Data fluktuasi pemakaian air bersih didapatkan melalui pengamatan langsung terhadap meteran air dan beda ketinggian air pada tandon yang terletak di Jurusan Kimia FMIPA. Pemilihan lokasi pengamatan didasarkan kepada kemudahan akses pengamatan dari lima jurusan yang ada di FMIPA dan bahwa karakteristik mahasiswa serta jam perkuliahan antar jurusan tidak jauh berbeda sehingga pengamatan dilakukan di satu jurusan. Waktu pengamatan berlangsung selama 5 hari kerja dengan lama pengamatan 13 jam setiap harinya. Waktu pengamatan selama 13 jam dilihat dari jam kerja kampus dan aktivitas mahasiswa.

Dari 5 hari waktu pengamatan, didapatkan hasil bahwa persentase pemakaian air terbesar terjadi pada hari Rabu. Sehingga, persentase pada hari Rabu dipakai sebagai acuan menentukan besar fluktuasi air bersih per jam seperti pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Persentase Fluktuasi Pemakaian Air Bersih

Jam	Terbaca di Meteran Air (m ³)	Tinggi pada Tandon (m)	Volume Tandon	Selisih Volume	%
06.00 - 07.00	133087,852	1,82	53,94	0	0,0
07.00 - 08.00	133088,337	1,8	53,35	0,59	10,5
08.00 - 09.00	133088,369	1,8	53,35	0,032	0,6
09.00 - 10.00	133088,438	1,79	53,06	0,30	5,3
10.00 - 11.00	133090,172	1,77	52,46	0,59	10,5
11.00 - 12.00	133090,746	1,77	52,46	0,574	10,2
12.00 - 13.00	133091,303	1,72	50,98	1,48	26,3
13.00 - 14.00	133092,023	1,78	52,76	0	0,0
14.00 - 15.00	133092,774	1,88	55,72	0	0,0
15.00 - 16.00	133093,134	1,83	54,24	1,48	26,3
16.00 - 17.00	133093,890	1,81	53,65	0,59	10,5
17.00 - 18.00	133094,608	1,84	54,54	0	0,0
18.00 - 19.00	133095,362	1,87	55,43	0	0,0
JUMLAH				5,64	100,00

Sumber: Hasil Pengamatan

Penggunaan air bersih dianggap sebesar 0 atau tidak ada pemakaian jika angka pada meteran air bergerak, tetapi tinggi air di dalam tandon mengalami kenaikan. Jika angka pada meteran air bergerak dan tinggi air pada tandon tetap (tidak mengalami kenaikan maupun penurunan), maka besar pemakaian air bersih berdasarkan pada selisih dari angka yang terbaca pada meteran air. Dan jika angka pada meteran air bergerak tetapi tinggi air pada tandon mengalami penurunan, maka besar pemakaian air bersih berdasarkan pada selisih dari volume tandon.

Setelah didapatkan persentasi fluktuasi pemakaian air bersih, kemudian debit pemakaian air bersih harian yang terdapat

pada **Tabel 4.2** dimasukkan sesuai dengan persentase per jam nya. Dengan kondisi hanya 90% pemakaian air bersih digunakan untuk keperluan domestik (10% untuk keperluan laboratorium), dan 80% nya menjadi air limbah, maka didapatkan fluktuasi produksi air limbah dari fluktuasi pemakaian air bersih (**Tabel 4.10**), yang jika dijumlahkan ialah sebesar 117 m³/hari (sesuai dengan perhitungan pada *sub bab* 4.1).

Tabel 4.10 Fluktuasi Produksi Air Limbah

Jam	%	Pemakaian air bersih (m ³ /jam)	Produksi Air Limbah (m ³ /jam)
06.00 - 07.00	0,0	0	0,0
07.00 - 08.00	10,5	17,1	12,3
08.00 - 09.00	0,6	0,9	0,7
09.00 - 10.00	5,3	8,5	6,1
10.00 - 11.00	10,5	17,1	12,3
11.00 - 12.00	10,2	16,5	11,9
12.00 - 13.00	26,3	42,7	30,7
13.00 - 14.00	0,0	0,0	0,0
14.00 - 15.00	0,0	0,0	0,0
15.00 - 16.00	26,3	42,7	30,7
16.00 - 17.00	10,5	17,1	12,3
17.00 - 18.00	0,0	0	0,0
18.00 - 19.00	0,0	0	0,0
19.00 - 20.00	0,0	0	0,0
20.00 - 21.00	0,0	0	0,0
21.00 - 22.00	0,0	0	0,0
22.00 - 23.00	0,0	0	0,0
23.00 - 24.00	0,0	0	0,0

Jam	%	Pemakaian air bersih (m ³ /jam)	Produksi Air Limbah (m ³ /jam)
24.00 - 01.00	0,0	0	0,0
01.00 - 02.00	0,0	0	0,0
02.00 - 03.00	0,0	0	0,0
03.00 - 04.00	0,0	0	0,0
04.00 - 05.00	0,0	0	0,0
05.00 - 06.00	0,0	0	0,0
JUMLAH	100,00	162,50	117,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Selanjutnya ialah menghitung kumulatif debit air limbah fluktuatif dan kumulatif debit air limbah rata – rata (teoritis), kemudian dibandingkan. Debit air limbah rata – rata teoritis ialah debit air limbah harian yang dibagi dengan 24 jam, bukan dengan lama waktu pengaliran air limbah, seperti pada contoh perhitungan pada jam 07.00 – 08.00 berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Qrata – rata per jam} &= Q_{\text{harian}} / 24 \text{ jam} \\
 &= 117 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam} \\
 &= 4,875 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &\approx 4,88 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Data kumulatif selisih debit dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Dari data kumulatif selisih debit pada **Tabel 4.11** terdapat angka terkecil yakni 0 m³ dan angka terbesar yakni 117 m³. Selisih dari kedua angka tersebut yang kemudian ditetapkan sebagai volume bak ekualisasi yang dibutuhkan.

Tabel 4.11 Kumulatif Debit Produksi Air Limbah

Jam	Produksi Air Limbah (m ³ /jam)	Kumulatif Debit Fluktuatif (m ³ /jam)	Q rata - rata per jam	Kumulatif Debit rata - rata
06.00 - 07.00	0,0	0,0	4,88	9,8
07.00 - 08.00	12,3	12,3	4,88	14,6

Jam	Produksi Air Limbah (m ³ /jam)	Kumulatif Debit Fluktuatif (m ³ /jam)	Q rata - rata per jam	Kumulatif Debit rata - rata
08.00 - 09.00	0,7	13,0	4,88	19,5
09.00 - 10.00	6,1	19,1	4,88	24,4
10.00 - 11.00	12,3	31,4	4,88	29,3
11.00 - 12.00	11,9	43,3	4,88	34,1
12.00 - 13.00	30,7	74,0	4,88	39,0
13.00 - 14.00	0,0	74,0	4,88	43,9
14.00 - 15.00	0,0	74,0	4,88	48,8
15.00 - 16.00	30,7	104,7	4,88	53,6
16.00 - 17.00	12,3	117,0	4,88	58,5
17.00 - 18.00	0,0	117,0	4,88	63,4
18.00 - 19.00	0,0	117,0	4,88	68,3
19.00 - 20.00	0,0	117,0	4,88	73,1
20.00 - 21.00	0,0	117,0	4,88	78,0
21.00 - 22.00	0,0	117,0	4,88	82,9
22.00 - 23.00	0,0	117,0	4,88	87,8
23.00 - 24.00	0,0	117,0	4,88	92,6
24.00 - 01.00	0,0	117,0	4,88	97,5
01.00 - 02.00	0,0	117,0	4,88	102,4
02.00 - 03.00	0,0	117,0	4,88	107,3
03.00 - 04.00	0,0	117,0	4,88	112,1
04.00 - 05.00	0,0	117,0	4,88	117,0
05.00 - 06.00	0,0	117,0	4,88	121,9
JUMLAH	117,00			

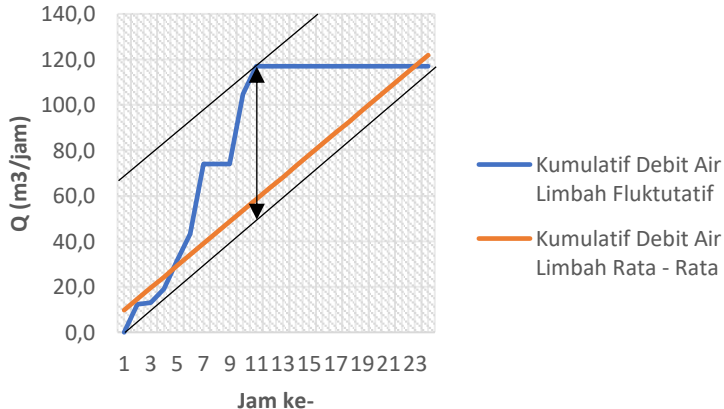
Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut merupakan contoh perhitungan dimensi bak ekualisasi:

$$\begin{aligned} V \text{ bak ekualisasi} &= \text{Angka terbesar} - \text{angka terkecil} \\ &= 117 \text{ m}^3 - 0 \text{ m}^3 \\ &= 117 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Penentuan volume bak ekualisasi juga dapat ditentukan dengan memplotkan data kumulatif debit air limbah (produksi air limbah) fluktuatif dengan kumulatif debit air limbah rata – rata per jam nya ke dalam grafik, dan ditarik garis antara titik angka terbesar dengan titik angka terkecil untuk menentukan besarnya volume bak ekualisasi, seperti pada Gambar 2.4.

Dari uraian perhitungan di atas, diketahui bahwa volume bak ekualisasi yang dibutuhkan ialah sebesar 117 m^3 . Karena adanya penggabungan pengolahan, maka ditambahkan dengan debit air limbah laboratorium sebesar $17,1 \text{ m}^3$, sehingga total volume yang dibutuhkan ialah $134,1 \text{ m}^3$.



Gambar 4.2 Kebutuhan Volume Bak Ekualisasi

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Kemudian direncanakan kedalaman bak ialah 2,5 m, dengan perbandingan panjang dan lebar sebesar 2:1, sehingga:

$$\text{Luas} = \text{Volume} : \text{kedalaman}$$

$$\text{Luas} = 134,1 \text{ m}^3 : 2 \text{ m}$$

$$= 53,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas} = P \times L$$

$$P : L = 2 : 1, \text{ maka}$$

$$2L^2 = 53,6 \text{ m}^2$$

$$L^2 = 26,8 \text{ m}^2$$

$$L = 5,2 \text{ m}$$

$$P = 10,4 \text{ m}$$

Lebar bak kemudian dibulatkan menjadi 5,5 m dan panjang bak dibulatkan menjadi 10,5 m, dengan *freeboard* atau tinggi keamanan sebesar 0,3 m.

• Desain Pompa Bak Ekualisasi

Pompa pada bak ekualisasi berfungsi untuk mencampur limbah cair yang ditampung di dalam bak ekualisasi agar tidak terjadi pengendapan (*settling*) dan menjadi debit air limbah tetap konstan saat memasuki tangki septik dan *anaerobic filter*. Pompa bak ekualisasi ini direncanakan menggunakan pompa resirkulasi. Ada 3 hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan pompa bak ekualisasi, yakni:

- Debit yang digunakan dalam perencanaan adalah 2 kali debit rata-rata dikarenakan setengah debit pompa akan diresirkulasi sehingga terjadi pencampuran sehingga kualitas limbah akan relative sama.
- Kecepatan aliran dalam pipa <2 m/detik untuk mencegah penggerusan dalam pipa.
- Pompa yang digunakan adalah pompa submersible untuk air limbah

Direncanakan:

$$\text{Kecepatan air di pipa} = 1 \text{ m/s}$$

$$\text{Debit air limbah} = 0,0015 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$L_{\text{suction}} = 0 \text{ m}$$

$$L_{\text{discharge}} = 21 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah pompa} = 2 \text{ buah, digunakan secara Bergantian}$$

$$\begin{aligned}\text{Debit tiap pompa (Q)} &= \text{Debit (Q) air limbah} \\ &= 0,0015 \text{ m}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang basah (A)} &= Q / v \\ &= (2 \times 0,0015 \text{ m}^3/\text{detik}) / 1 \text{ m/s} \\ &= 0,003 \text{ m}^2 \\ A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ 0,003 \text{ m}^2 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \\ D &= [(4 \times 0,003 \text{ m}^2) / 3,14]^{0,5} \\ &= 0,06182 \text{ m} \\ &= 61,82 \text{ mm} \\ D \text{ aplikasi} &= 100 \text{ mm} \\ \text{Cek kecepatan (v)} &= Q / A \\ v &= 0,003 \text{ m}^3/\text{detik} / [1/4 \times 3,14 \times (0,1 \text{ m})^2] \\ &= 0,38 \text{ m/detik} \\ &= 0,4 \text{ m/detik} \\ \text{Head pompa} &= H_{\text{statik}} + H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor} \\ H_{\text{statik}} &= 0,2 \text{ m} \\ H_f \text{ discharge} &= H_f \text{ mayor} \\ &= \left[\frac{Q}{(0,2785) \cdot C \cdot D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \text{ discharge} \\ &= \left[\frac{0,003 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{(0,2785) \cdot 120 \cdot (0,1)^{2,63}} \right]^{1,85} \times 21 \text{ m} \\ &= 0,0502 \text{ m} \\ H_f \text{ suction} &= 0 \text{ m} \\ H_f \text{ minor} &= k \frac{v^2}{2 \cdot g} \\ H_f \text{ minor Tee (k = 0,9)} &= 0,9 \frac{v^2}{2 \cdot g} \\ &= 0,9 \frac{(0,4)^2}{2 \cdot (9,81)} \\ &= 0,00734 \text{ m} \\ H_f \text{ minor Elbow } 90^\circ \text{ (k = 0,3)} &= 4 \times (0,3 \frac{v^2}{2 \cdot g}) \\ &= 4 \times (0,3 \frac{(0,4)^2}{2 \cdot 9,81})\end{aligned}$$

$$= 0,0098 \text{ m}$$

Hf minor check valve ($k = 0,25$)

$$= 0,25 \frac{v^2}{2.g}$$

$$= 0,25 \frac{(0,4)^2}{2.(9,81)}$$

$$= 0,00204 \text{ m}$$

Hf minor gate valve ($k = 0,19$)

$$= 0,19 \frac{v^2}{2.g}$$

$$= 0,19 \frac{(0,4)^2}{2.9,81}$$

$$= 0,00155 \text{ m}$$

Head pompa

$$= H_s + H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor}$$

$$= 0,2 \text{ m} + 0,0502 \text{ m} + (0,00734 + 0,0098 + 0,00204 + 0,00155) \text{ m}$$

$$= 0,27 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m}$$

Pompa yang digunakan adalah TSURUMI PUMP Landscape PU Series 50 PUMA 2.15 S (AUTO), dengan detail spesifikasi:

- Discharge bore = 50 mm
- Motor output = 0,15 kW-1 Phase-50 Hz
- Head maksimum = 5,7 m
- Laju debit maksimum = 0,195 m³/menit

Berikut adalah rangkuman dari perhitungan dimensi bak ekualisasi yang dibutuhkan:

Tabel 4.12 Dimensi Bak Ekualisasi

Kedalaman air	2,5	m
Kedalaman ruang kosong	0,3	m
Plat bawah	0,2	m
Plat atas	0,15	m
Kedalaman Total	3,15	m
Panjang	10,4	m
	10,5	m

Tebal dinding	0,2	m
Panjang total	10,9	m
Lebar	5,2	m
	5,5	m
Tebal dinding	0,2	m
Lebar Total	5,9	m

C. Tangki Septik Terintegrasi dengan Anaerobic Filter

Berikut adalah perhitungan kebutuhan tangki septik dan *anaerobic filter*.

Direncanakan:

- Debit air limbah = 134,1 m³/hari
- Lama aliran air limbah = 13 jam
- Debit per jam = 10,32 m³/jam
- COD influen = 290 mg/L
- BOD₅ influen = 129 mg/L
- Rasio SS yang dapat diendapkan/COD = 0,42
- Suhu = 28°C
- HRT tangki septik = 2 jam
- HRT *anaerobic filter* = 24 jam
- Waktu pengurasan = 24 bulan

Perhitungan:

- Penyisihan COD di tangki septik
= Rasio SS/COD yang terendapkan / $0,6 \times ((HRT - 1) \times 0,1 / 2 + 0,3)$
= $0,42 / 0,6 \times ((2 - 1) \times 0,1 / 2 + 0,3)$
= 25%

Rasio penyisihan BOD/COD berhubungan dengan persentase penyisihan COD di tangki septik. Karena persentase penyisihan COD tangki septik kurang dari 50% (0,5), maka rasio penyisihan BOD/COD adalah 1,06. Persamaan tersebut berhubungan dengan Gambar 2.8.

- Penyisihan BOD₅ di tangki septik

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rasio penyisihan BOD/COD} \times \% \text{ COD rem tangki septik} \\
 &= 1,06 \times 25\% \\
 &= 26\%
 \end{aligned}$$

- Rasio konsentrasi COD/BOD₅

$$\begin{aligned}
 &= \text{COD influen} / \text{BOD}_5 \text{ influen} \\
 &= 290 \text{ mg/L} / 129 \text{ mg/L} \\
 &= 2,24
 \end{aligned}$$
- COD effluen tangki septik

$$\begin{aligned}
 &= \text{COD influen} \times (1 - \% \text{ COD rem tangki septik}) \\
 &= 290 \text{ mg/L} \times (1 - 25\%) \\
 &= 218,6 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$
- BOD₅ effluen tangki septik

$$\begin{aligned}
 &= \text{BOD}_5 \text{ influen} \times (1 - \% \text{ BOD}_5 \text{ rem tangki septik}) \\
 &= 129 \text{ mg/L} \times (1 - 26\%) \\
 &= 95,5 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$
- Akumulasi lumpur
 Akumulasi lumpur (L/kg COD) berhubungan dengan waktu pengurasan lumpur, dimana waktu pengurasan lumpur ditentukan 24 bulan sehingga akumulasi lumpur ialah:

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi lumpur} &= 0,005 \times ((1 - \text{waktu kuras}) \times 0,014) \\
 &= 0,005 \times ((1 - 24) \times 0,014) \\
 &= 0,00332 \text{ L/kg COD}
 \end{aligned}$$
 Persamaan tersebut berhubungan dengan Gambar 2.13
- Volume tangki septik = 41,3 m³
- Panjang kompartemen 1

$$\begin{aligned}
 P1 &= 2/3 \times \text{volume tangki} / \text{L bak pengendap} / \text{Hair} \\
 &= 2/3 \times 41,3 \text{ m}^3 / 4 \text{ m} / 2,5 \text{ m} \\
 &= 2,75 \text{ m} \approx 3 \text{ m}
 \end{aligned}$$
- Panjang kompartemen 2

$$\begin{aligned}
 P2 &= P1 / 2 \\
 &= 3 \text{ m} / 2 \\
 &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Nilai faktor suhu (f-temp) terhadap penyisihan COD berhubungan dengan suhu air limbah, diketahui suhu air limbah adalah 28°C, maka f-temp:

$$\begin{aligned} \text{f-temp} &= ((\text{suhu air limbah} - 25) \times (0,08/5)) + 1 \\ &= ((28 - 25) \times (0,08/5)) + 1 \\ &= 1,048 \end{aligned}$$

Persamaan tersebut berhubungan dengan Gambar 2.9

- Nilai faktor kekuatan karakteristik air limbah (f-strength) terhadap penyisihan COD berhubungan dengan konsentrasi influen COD pada unit AF, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{f-strength} &= (\text{COD influen} \times 0,17/2000) + 0,87 \\ &= (218,6 \text{ mg/L} \times 0,17/2000) + 0,87 \\ &= 0,89 \end{aligned}$$

Persamaan tersebut berhubungan dengan Gambar 2.10

- Nilai faktor luas permukaan spesifik media AF (f-surface) terhadap penyisihan COD berhubungan dengan luas permukaan spesifik media AF. Luas permukaan spesifik ialah 200 m²/m³, sehingga:

$$\text{f-surface} = 1,06$$

Persamaan tersebut berhubungan dengan Gambar 2.11.

- Nilai faktor tinggal (f-HRT) berhubungan dengan HRT AF, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{f-HRT} &= (\text{HRT AF} - 24) \times 0,03/9 + 0,67 \\ &= (24 - 24) \times 0,03/9 + 0,67 \\ &= 67\% \end{aligned}$$

Persamaan tersebut berhubungan dengan Gambar 2.12.

- Persentase *removal* COD

$$\begin{aligned} \% \text{ COD rem} &= \text{f-temp} \times \text{f-strength} \times \text{f-surface} \times \text{f-HRT} \times (1 + (n \times 0,04)) \\ &= 1,048 \times 0,89 \times 1,06 \times 67\% \times (1 + (6 \times 0,04)) \\ &= 82\% \end{aligned}$$

- COD effluen AF

$$\text{CODeff} = \text{COD influen} \times (100\% - \% \text{COD rem})$$

$$= 218,6 \text{ mg/L} \times (100\% - 82\%)$$

$$= 39,3 \text{ mg/L}$$

- Persentase penyisihan COD tangki septik+*anaerobic filter*

$$\begin{aligned}\% \text{ COD rem total} &= 1 - \text{COD}_{\text{eff AF}} / \text{COD}_{\text{in}} \\ &= 1 - 39,3 / 290 \\ &= 86\%\end{aligned}$$

- Faktor penyisihan BOD/COD berhubungan dengan persentase *removal* COD. Persentase *removal* COD sebesar 86%, sehingga:

$$\begin{aligned}\text{BOD/COD} \\ &= 1,025\end{aligned}$$

- Persentase *removal* BOD₅

$$\begin{aligned}\% \text{ BOD}_5 \text{ rem} &= \% \text{ COD rem total} \times \text{Faktor BOD/COD} \\ &= (86\% \times 1,025) \times 100 \\ &= 88,6\%\end{aligned}$$

- BOD₅ effluen AF

$$\begin{aligned}&= (1 - \% \text{ BOD rem}) \times \text{BOD}_5 \text{ influen} \\ &= (1 - 88,6\%) \times 129 \text{ mg/L} \\ &= 14,7 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Volume AF

$$\begin{aligned}V &= \text{HRT AF} \times Q/24 \\ &= 24 \text{ jam} \times (134,1 \text{ m}^3/\text{hari} / 24) \\ &= 134,1 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Panjang kompartemen AF ditentukan sebesar 2,25 m dengan kedalaman 2,5 m.

- Ketinggian media filter

$$\begin{aligned}\text{Hmf} \\ &= \text{H AF} - \text{ruang di bawah penyangga} - 0,4 - 0,05 \\ &= 2,5 - 0,6 - 0,4 - 0,05 \\ &= 1,45 \text{ m}\end{aligned}$$

- Lebar unit AF

$$= V \text{ AF} / n / ((\text{H AF} \times 0,25) + (p \times (\text{H AF} - \text{Hmf} \times (1 - \% \text{voids}))))$$

$$\begin{aligned}
 &= 134,1 / 6 / (2,5 \times 0,25) + (2,25 \times (2,5 - 1,45 \times (1-98\%))) \\
 &= 3,61 \text{ m} \\
 &= 4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Cek OLR

$$\begin{aligned}
 &= \text{COD in} \times Q \text{ harian} / 1000 / (\text{Hmf} \times l \times p \times \% \text{voids} \times n) \\
 &= 218,6 \times 134,1 / 1000 / (1,45 \times 4 \times 2,25 \times 98\% \times 6) \\
 &= 0,38 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}
 \end{aligned}$$
- Cek kecepatan *upflow*

$$\begin{aligned}
 v_{upflow} &= \text{debit per jam} / (\text{lebar AF} \times \text{panjang} \times \% \text{voids}) \\
 &= 10,32 \text{ m}^3/\text{jam} / (4 \times 2,25 \times 98\%) \\
 &= 1,17 \text{ m/jam}
 \end{aligned}$$
- Persentase penyisihan TSS
 Waktu tinggal di dalam tangki septik dan *anaerobic filter* memiliki waktu yang berbeda sehingga memiliki persentase penyisihan TSS yang berbeda pula, seperti pada perhitungan berikut:
 Persentase penyisihan tangki septik

$$\begin{aligned}
 \%R &= \frac{2}{0,0075 + (0,014 \times 2)} \\
 &= 56,3 \% \\
 \text{TSS eff} &= (100\% - 56,3\%) \times 127,7 \text{ mg/L} \\
 &= 55,7 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$
 Persentase penyisihan *anaerobic filter*

$$\begin{aligned}
 \%R &= \frac{24}{0,0075 + (0,014 \times 24)} \\
 &= 69,9 \% \\
 \text{TSS eff} &= (100\% - 69,9\%) \times 55,7 \text{ mg/L} \\
 &= 16,8 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$
 Maka effluen TSS dari tangki septik dan *anaerobic filter* menuju badan air ialah 16,8 mg/L

- Produksi lumpur
 Produksi lumpur dari penyisihan COD (m^3/m^3),

$$= \text{laju akumulasi lumpur} \times \text{COD tersisihkan}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,00332 \text{ L/g COD} \times (290 \text{ mg/L} - 218,6 \text{ mg/L}) \\
 &= 0,00332 \text{ L/g COD} \times 71,4 \text{ g/m}^3 / 1000 \text{ L/m}^3 \\
 &= 2,37 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lumpur (m}^3\text{),} \\
 &= \text{Produksi lumpur} \times \text{waktu pengurasan} \times 30 \times Q \\
 &= 2,37 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^3 \times 24 \text{ bulan} \times 30 \times 134,1 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 23 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume tangki septik adalah 41,3 m³

Volume ruang lumpur yang direncanakan,

$$\begin{aligned}
 \text{Vol ruang lumpur} &= 1/3 \times 41,3 \text{ m}^3 \\
 &= 14 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

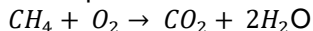
$$\begin{aligned}
 \text{Debit lumpur} &= 2,37 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^3 \times 134,1 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,032 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu pengurasan} &= 14 \text{ m}^3 / 0,032 \text{ m}^3/\text{hari} / 30 \\
 &= 15 \text{ bulan}
 \end{aligned}$$

Waktu pengurasan yang direncanakan terlalu lama dan pengurasan disarankan menjadi setiap 12 bulan atau satu tahun sekali. Saat waktu pengurasan, lumpur yang terkumpul akan dikuras dengan cara disedot dengan truk sedot lumpur, yang kemudian lumpur akan dimasukkan ke dalam Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) untuk pengolahan lumpur lebih lanjut.

- Produksi biogas

Diasumsikan bahwa 70% CH₄ dan 50% terlarut. Tchobanoglous, *et al*, (2014) menjelaskan bahwa, berdasarkan persamaan reaksi kimia:



Jumlah COD per mol methan ialah,

$$- 2(32 \text{ g O}_2 / \text{mol}) = 64 \text{ g O}_2 / \text{mol CH}_4$$

Volume methan pada kondisi standar ialah 22,414 L.

Maka, jumlah CH₄ yang diproduksi dan ekuivalen dengan COD di bawah kondisi anaerobik ialah,

$$- 22,414 \text{ L} / 64 = 0,35 \text{ L CH}_4/\text{g COD}.$$

Gas tangki septik

COD tersisihkan,

$$\begin{aligned}
 &= [(290 - 218,6 \text{ mg/L}) \times 134,1 \text{ m}^3/\text{hari}] \times 1000 \\
 &= 9,6 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD}_{\text{vss}} &= 1,42 \times Y \times \text{massa COD tersisihkan} \\
 &= 1,42 \times 0,06 \times 9,6 \text{ kg/hari} \\
 &= 0,82 \text{ kg/hari} \\
 \text{COD}_{\text{methan}} &= \text{COD tersisihkan} - \text{COD}_{\text{vss}} \\
 &= 9,6 \text{ kg/hari} - 0,82 \text{ kg/hari} \\
 &= 8,8 \text{ kg/hari (terlarut dan tidak terlarut)} \\
 \text{Produksi CH}_4 &= 0,35 \text{ L CH}_4/\text{g COD} \times \text{COD}_{\text{methan}} \\
 &= 0,35 \text{ L CH}_4/\text{g COD} \times 8,8 \text{ kg/hari} \\
 &= 3,1 \text{ m}^3/\text{hari (tidak terlarut)} \\
 \text{Produksi biogas tidak terlarut,} \\
 &= 0,5 \text{ m}^3/\text{hari} / 70\% \\
 &= 4,4 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Produksi biogas total} &= \text{biogas terlarut dan tidak} \\
 \text{Produksi biogas total} &= 4,4 \text{ m}^3/\text{hari} / 50\% \\
 &= 8,8 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Gas *anaerobic filter*

$$\begin{aligned}
 \text{COD tersisihkan,} \\
 &= [(218,6 - 39,3 \text{ mg/L}) \times 134,1 \text{ m}^3/\text{hari}] \times 1000 \\
 &= 24,04 \text{ kg/hari} \\
 \text{COD}_{\text{vss}} &= 1,42 \times Y \times \text{massa COD tersisihkan} \\
 &= 1,42 \times 0,06 \times 24,04 \text{ kg/hari} \\
 &= 2,1 \text{ kg/hari} \\
 \text{COD}_{\text{methan}} &= \text{COD tersisihkan} - \text{COD}_{\text{vss}} \\
 &= 24,04 \text{ kg/hari} - 2,1 \text{ kg/hari} \\
 &= 22 \text{ kg/hari (terlarut dan tidak terlarut)} \\
 \text{Produksi CH}_4 &= 0,35 \text{ L CH}_4/\text{g COD} \times \text{COD}_{\text{methan}} \\
 &= 0,35 \text{ L CH}_4/\text{g COD} \times 22 \text{ kg/hari} \\
 &= 7,7 \text{ m}^3/\text{hari (tidak terlarut)} \\
 \text{Produksi biogas tidak terlarut,} \\
 &= 7,7 \text{ m}^3/\text{hari} / 70\% \\
 &= 11 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Produksi biogas total} &= \text{biogas terlarut dan tidak} \\
 \text{Produksi biogas total} &= 11 \text{ m}^3/\text{hari} / 50\% \\
 &= 22 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Total gas} &= \text{Gas tangki septik} + \text{gas } \textit{anaerobic filter} \\
 &= 8,8 \text{ m}^3/\text{hari} + 22 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 30,8 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

- Kebutuhan nutrisi
 - Q = 134,1 m³/hari
= 10,32 m³/jam
 - MLVSS/MLSS = 0,85
 - MLSS = 2000 mg/L
 - Y = 0,06 mg VSS/mg BOD
 - Kd = 0,08 VSS/g VSS.hari
 - SRT = 25 hari
 - So = 129 mg/L
 - Se = 14,7 mg/L
 - S So = 55,7 mg/L
 - S Se = 16,8 mg/L
 - Yobs = Y / (1 + Kd.SRT)
= 0,06 / (1 + 0,08.25)
= 0,20
 - Px bio (Px MLVSS)
= Yobs x Q x (So-Se)
= 0,20 x 134100 L/hari x (129 – 14,7 mg/L)
= 3,07 kg/hari
 - Volume bangunan adalah 134,1 m³
 - Cek OLR
= (Q x BOD influen) / V bangunan
= [(134100 L/hari x 129 mg/L) / 134,1 m³]/10⁶
= 0,129 kg BOD/m³.hari
 - TSS removed = (S So – S Se) x Q
= (55,7 – 16,8 mg/L) x 134100 L/hari
= 5,2 kg/hari
 - Px TSS (Px MLSS)
= (X TSS x V bangunan)/SRT
= (2000 mg/L x 134100 L)/25 hari
= 10,73 kg/hari
 - Px SS = Px TSS + TSS removed
= 10,73 kg/hari + 5,2 kg/hari
= 16 kg/hari
 - MLVSS = MLVSS/MLSS x MLSS
= 0,85 x 2000 mg/L
= 850 mg/L

$$= 1,7 \text{ kg/m}^3$$

F/M

$$= (Q \times S_o) / (V \times \text{MLVSS})$$

$$= (134,1 \text{ m}^3/\text{hari} \times 129 \text{ mg/L}) / (134,1 \text{ m}^3 \times 0,85 \text{ kg/m}^3)$$

$$= 0,076 \text{ kg BOD / kg MLVSS.hari}$$

Menghitung nitrogen effluen

$$\text{Nitrogen} = \text{Mr C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$$

$$= 13$$

$$\text{Kebutuhan N} = (\text{Ar N} / \text{Mr C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}) \times \text{Px bio}$$

$$= 12\% \times 3,07 \text{ kg/hari}$$

$$= 0,368 \text{ kg/hari}$$

$$\text{N input} = Q \times N_o$$

$$= 134,1 \text{ m}^3/\text{hari} \times 35,3 \text{ mg/L}$$

$$= 4,74 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Sisa N} = \text{N input} - \text{kebutuhan N}$$

$$= 4,74 \text{ kg/hari} - 0,368 \text{ kg/hari}$$

$$= 4,37 \text{ kg/hari}$$

$$\text{N effluen} = \text{Sisa N} / Q$$

$$= 4,37 \text{ kg/hari} / 134,1 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 32,6 \text{ mg/L}$$

Menghitung phospat effluen

$$\text{C:N:P} = 250:5:1$$

$$\text{Kebutuhan P} = 1/5 \times 12\% \times \text{Px bio}$$

$$= 1/5 \times 12\% \times 3,07 \text{ kg/hari}$$

$$= 0,074 \text{ kg/hari}$$

Sisa P

$$= (Q \times P_o) - \text{kebutuhan p}$$

$$= (134,1 \text{ m}^3/\text{hari} \times 8,1 \text{ mg/L}) - 0,074 \text{ kg/hari}$$

$$= 1,020 \text{ kg/hari}$$

$$\text{P effluen} = \text{Sisa P} / Q$$

$$= 1,020 \text{ kg/hari} / 134,1 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 7,6 \text{ mg/L}$$

Berikut adalah rangkuman dimensi untuk tangki septik dan *anaerobic filter*:

Tabel 4.13 Dimensi Tangki Septik

Kedalaman air	2,5	m
Kedalaman ruang kosong	0,3	m
Plat bawah	0,2	m
Plat atas	0,15	m
Kedalaman Total	3,15	m
Panjang 1	3	m
Panjang 2	1,5	m
Tebal dinding	0,2	m
Panjang total	5,1	m
Lebar	4	m
Tebal dinding	0,2	m
Lebar total	4,2	m

Tabel 4.14 Dimensi Anaerobic Filter

kedalaman air	2,5	m
Kedalaman ruang kosong	0,3	m
Plat bawah	0,2	m
Plat atas	0,15	m
Kedalaman Total	3,15	m
Panjang 1	2,25	m
Panjang ruang kosong	0,25	m
Tebal dinding	0,2	m
Tebal baffle	0,15	m
Panjang total	17,1	m
Lebar	3,61	m
	4	m
Tebal dinding	0,2	m
Lebar total	4,2	m

D. Filter

Diketahui:

- Debit (Q) = 134,1 m³/hari
- Kecepatan filtrasi (Vf) = 5 m/jam
- Densitas karbon aktif = 35 kg/m³
- Rencana bentuk reaktor = Tabung
- Daya serap karbon aktif = 750 mg/g, min. 20%
- N yang dihilangkan = 32,5 mg/L

Perhitungan karbon filter:

- Luas (A)
$$A = Q / Vf$$
$$= (134,1 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam}) / 5 \text{ m/jam}$$
$$= 1,1 \text{ m}^2$$
- Diameter (D)
$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (D)^2$$
$$D = ((4 \times A) / 3,14)^{0,5}$$
$$= ((4 \times 1,1) / 3,14)^{0,5}$$
$$= 1,2 \text{ m} \approx 1,5 \text{ m}$$
- Luas Aktual (A)
$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (D)^2$$
$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (1,5 \text{ m})^2$$
$$= 1,76 \text{ m}^2$$
$$= 1,8 \text{ m}^2$$
- Berat karbon aktif (m)
$$m = N \text{ yang hilang} / \text{daya serap}$$
$$= (32,5 \text{ mg/L} \times (134,1 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1000)) / 750 \text{ mg}$$
$$= 5811 \text{ g}$$
$$= 5,81 \text{ kg}$$

Daya serap minimal 20%, maka

$$m_{\text{total}} = 5811 \text{ g} / 0,2$$
$$= 29055 \text{ g}$$
$$= 29,1 \text{ kg}$$

- Volume karbon aktif (V_{ka})
 $V_{ka} = m / \text{densitas}$
 $= 29,1 \text{ kg} / 35 \text{ kg/m}^3$
 $= 0,83 \text{ m}^3$
- Ketinggian karbon aktif (H_{ka})
 $H = V_{ka} / A$
 $= 0,83 \text{ m}^3 / 1,8 \text{ m}^2$
 $= 0,46 \text{ m}$
 $= 46 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$
- Ketinggian pasir silika (H_p)
 $H_p = 3 \times H_{ka}$
 $= 3 \times 50 \text{ cm}$
 $= 150 \text{ cm}$
- Penyisihan fosfat pada media filter pasir silika
 Berdasarkan penelitian yang dilakukan Chrisafitri dan Karnaningroem (2012), penggunaan sand filter yang didahului dengan karbon aktif meningkatkan persentase penyisihan sebesar 72%, sehingga:
 $P_{\text{effluen}} = (100\% - 72\%) \times 7,6 \text{ mg/L}$
 $= 2,13 \text{ mg/L}$

E. Pompa dan Pipa

- **Pipa inlet grease trap (domestik)**

Berdasarkan data fluktuasi produksi air limbah (Tabel 4.6), produksi air limbah (Q) terbesar ialah sebesar $30,7 \text{ m}^3/\text{jam}$ atau $0,0085 \text{ m}^3/\text{detik}$. Debit terbesar ini yang dijadikan sebagai debit dalam perhitungan ukuran pipa, karena pipa inlet terletak sebelum bak ekualisasi (belum ada ekualisasi kuantitas).

Debit influen (Q) = $30,7 \text{ m}^3/\text{jam}$
 Jumlah pipa = 1 buah
 Kecepatan (v) = 1 m/detik

Perhitungan:

Debit per pipa (Q) = $Q / \text{jumlah pipa}$
 $= 30,7 \text{ m}^3/\text{jam} / 1 \text{ buah}$
 $= 30,7 \text{ m}^3/\text{jam.pipa}$

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,0085 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= \text{Luas (A)} \times v \\
 \text{Luas (A)} &= Q / v \\
 &= 0,0085 \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/detik} \\
 &= 0,0085 \text{ m}^2 \\
 \text{Diameter (D)} &= ((4 \times A) / 3,14)^{1/2} \\
 &= ((4 \times 0,0085 \text{ m}^2) / 3,14)^{1/2} \\
 &= 0,10406 \text{ m} \\
 &= 104,1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Diameter minimal untuk air limbah ialah 2", sama dengan 50 mm (dengan diameter luar 63 mm) atau 4", sama dengan 100 mm (dengan diameter luar 110 mm). Dari hasil perhitungan, diameter yang didapatkan ialah 104,1 mm, dan diameter minimal yang mendekati ialah ukuran 4".

• **Pipa outlet grease trap / inlet bak ekualisasi**

Direncanakan:

$$\begin{aligned}
 \text{Debit influen (Q)} &= 134,1 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Jumlah pipa} &= 1 \text{ buah} \\
 \text{Kecepatan (v)} &= 1 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Debit per pipa (Q)} &= Q / \text{jumlah pipa} \\
 &= 134,1 \text{ m}^3/\text{hari} / 1 \text{ buah} \\
 &= 134,1 \text{ m}^3/\text{hari.pipa} \\
 &= 10,32 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 0,00287 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 Q &= \text{Luas (A)} \times v \\
 \text{Luas (A)} &= Q / v \\
 &= 0,00287 \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/detik} \\
 &= 0,00287 \text{ m}^2 \\
 \text{Diameter (D)} &= ((4 \times A) / 3,14)^{1/2} \\
 &= ((4 \times 0,00287 \text{ m}^2) / 3,14)^{1/2} \\
 &= 0,0605 \text{ m} \\
 &= 60,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Diameter minimal untuk air limbah ialah 2", sama dengan 50 mm (dengan diameter luar 63 mm) atau 4", sama dengan 100 mm (dengan diameter luar 110 mm). Dari hasil perhitungan, diameter

yang didapatkan ialah 60,5 mm, dan diameter minimal yang mendekati ialah ukuran 4".

$$\begin{aligned}\text{Luas (A)} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,1 \text{ m})^2 \\ &= 0,00785 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cek kecepatan (v)} &= Q / A \\ &= 0,00287 \text{ m/detik} / 0,00785 \text{ m}^2 \\ &= 0,36 \text{ m/detik}\end{aligned}$$

- **Headloss pipa grease trap menuju bak ekualisasi**

Perhitungan:

- a. Head mayor

$$\begin{aligned}\text{Direncanakan kecepatan air (v)} &= 1 \text{ m/detik} \\ \text{Direncanakan panjang pipa (m)} &= 0,4 \text{ m} \\ \text{Debit (Q)} &= 134,1 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 15,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

Penentuan diameter (D)

$$\begin{aligned}A &= Q / v \\ &= 15,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/detik} \\ &= 15,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}D &= \frac{\sqrt{4 \times A}}{\pi} \\ &= \frac{\sqrt{4 \times 15,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2}}{3,14} \\ &= 0,0444 \text{ m} \\ &= 44,4 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}\end{aligned}$$

Penentuan kehilangan tekanan ($H_{f\text{mayor}}$)

$$\begin{aligned}H_{f\text{mayor}} &= \left[\frac{Q}{(0,2785) \cdot C \cdot D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[\frac{15,5 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{(0,2785) \cdot 120 \cdot (0,05)^{2,63}} \right]^{1,85} \times 0,4 \text{ m} \\ &= 0,00822 \text{ m}\end{aligned}$$

- b. Total head

$$\begin{aligned}H \text{ total} &= H_{f\text{mayor}} \\ &= 0,00822 \text{ m}\end{aligned}$$

- **Pipa outlet bak ekualisasi / pipa inlet tangki septik**

Direncanakan:

$$\begin{aligned}\text{Debit influen (Q)} &= 134,1 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Jumlah pipa} &= 1 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan (v)} = 1 \text{ m/detik}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Debit per pipa (Q)} &= Q / \text{jumlah pipa} \\ &= 134,1 \text{ m}^3/\text{hari} / 1 \text{ buah} \\ &= 134,1 \text{ m}^3/\text{hari.pipa} \\ &= 5,6 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0015 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q &= \text{Luas (A)} \times v \\ \text{Luas (A)} &= Q / v \\ &= 0,0015 \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/detik} \\ &= 0,0015 \text{ m}^2 \\ \text{Diameter (D)} &= ((4 \times A) / 3,14)^{1/2} \\ &= ((4 \times 0,0015 \text{ m}^2) / 3,14)^{1/2} \\ &= 0,0437 \text{ m} \\ &= 43,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diameter minimal untuk air limbah ialah 2", sama dengan 50 mm (dengan diameter luar 63 mm) atau 4", sama dengan 100 mm (dengan diameter luar 110 mm). Dari hasil perhitungan, diameter yang didapatkan ialah 43,7 mm, dan diameter minimal yang mendekati ialah ukuran 2".

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,05 \text{ m})^2 \\ &= 0,00196 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek kecepatan (v)} &= Q / A \\ &= 0,0015 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,00196 \text{ m}^2 \\ &= 0,76 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

- **Pipa outlet tangki septik / pipa inlet *anaerobic filter* dan antar kompartemen**

Direncanakan:

$$\begin{aligned} \text{Debit influen (Q)} &= 134,1 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Jumlah pipa} &= 2 \text{ buah} \\ \text{Kecepatan (v)} &= 1 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Debit per pipa (Q)} &= Q / \text{jumlah pipa} \\ &= 134,1 \text{ m}^3/\text{hari} / 2 \text{ buah} \\ &= 67,05 \text{ m}^3/\text{hari.pipa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2,8 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 0,00078 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 Q &= \text{Luas (A)} \times v \\
 \text{Luas (A)} &= Q / v \\
 &= 0,00078 \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/detik} \\
 &= 0,00078 \text{ m}^2 \\
 \text{Diameter (D)} &= ((4 \times A) / 3,14)^{1/2} \\
 &= ((4 \times 0,00078 \text{ m}^2) / 3,14)^{1/2} \\
 &= 0,0315 \text{ m} \\
 &= 31,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Diameter minimal untuk air limbah ialah 2", sama dengan 50 mm (dengan diameter luar 63 mm) atau 4", sama dengan 100 mm (dengan diameter luar 110 mm). Dari hasil perhitungan, diameter yang didapatkan ialah 31,5 mm, dan diameter minimal yang mendekati ialah ukuran 2".

$$\begin{aligned}
 \text{Luas (A)} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,05 \text{ m})^2 \\
 &= 0,00196 \text{ m}^2 \\
 \text{Cek kecepatan (v)} &= Q / A \\
 &= 0,00078 \text{ m/detik} / 0,00196 \text{ m}^2 \\
 &= 0,39 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

Perhitungan ukuran pipa di atas menunjukkan bahwa diameter pipa dengan debit 134,1 m³/hari (setelah bak ekualisasi) berada di bawah diameter minimal air limbah. Oleh karena itu, ukuran pipa yang dipilih ialah 2" atau 50 mm (OD = 63 mm).

Dengan diameter pipa diperbesar yakni 2", kecepatan air limbah memang sangat kecil. Akan tetapi, posisi pipa yang dipasang secara vertikal menyebabkan kecepatan aliran akan bertambah.

- **Headloss anaerobic filter**

Headloss pipa influen:

$$\begin{aligned}
 \text{Debit (Q)} &= 67,05 \text{ m}^3/\text{hari.pipa} \\
 &= 0,00078 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Kecepatan (v)} &= 0,4 \text{ m/s} \\
 \text{Panjang pipa} &= 2,3 \text{ m} \\
 H_f \text{ mayor} &= \left[\frac{Q}{(0,2785).C.D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L
 \end{aligned}$$

$$= \left[\frac{7,8 \times 10^{-4} \frac{m^3}{detik}}{(0,2785) \cdot 120 \cdot (0,05)^{2,63}} \right]^{1,85} \times 2,3 \text{ m}$$

$$= 0,0134 \text{ m}$$

$$H_f \text{ minor} = k \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Jenis aksesoris:

$$1 \text{ Tee all flange} = \left(k \frac{v^2}{2 \cdot g} \right)$$

$$= \left(0,9 \frac{(0,4)^2}{2 \cdot 9,81} \right)$$

$$= 0,0074 \text{ m}$$

Terdapat dua pipa influen sehingga,

$$H_f \text{ pipa} = 2 \times (H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor})$$

$$= 2 \times (0,0134 + 0,0074) \text{ m}$$

$$= 0,042 \text{ m}$$

Headloss celah v_{up} :

$$H_f \text{ minor} = k \cdot v^2 / 2g$$

$$= 4 \times (1,17 / 3600)^2 / (2 \times 9,81)$$

$$= 2,15 \times 10^{-8} \text{ m}$$

Headloss media:

Direncanakan:

Tebal media (L)	= 1,45 m
	= 145 cm
Diameter rata – rata (d)	= 2 cm
Faktor bentuk (ψ)	= 0,78
Porositas media (ϵ)	= 0,98
Temperatur air	= 28°C
Densitas (ρ)	= 0,99626 gr/cm ³
	= 996,26 kg/m ³
Viskositas (μ)	= 0,8363 x 10 ⁻³ N.det/m ²
Kecepatan <i>upflow</i> (V_{up})	= 1,17 m/jam

Perhitungan

$$\text{Hitung } N_{Re} = (\psi \rho d V_a) / \mu$$

$$= \frac{0,78 \times 0,99626 \text{ g/cm}^3 \times 2 \times (117/3600)}{0,8363 \times 10^{-3}}$$

$$= 60,4$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hitung } C_D &= \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34 \\
 &= \frac{24}{60,4} + \frac{3}{\sqrt{60,4}} + 0,34 \\
 &= 1,12
 \end{aligned}$$

Perhitungan besar headloss media filter dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan Rose (Masduqi dan Assomadi, 2012),

$$\begin{aligned}
 h_L &= 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_a^2}{\psi \cdot d \cdot \varepsilon^4 g} \\
 &= 1,067 \frac{1,12 \cdot 145 \cdot \left(\frac{117}{3600}\right)^2}{0,78 \cdot 2,0 \cdot 98^4 \cdot 981} \\
 &= 1,3 \times 10^{-4} \text{ cm} \\
 &= 1,3 \times 10^{-6} \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Head total} &= (H_f \text{ pipa influen} + H_f \text{ celah vup} + H_f \text{ media}) \times \text{jumlah kompartemen} \\
 &= (0,042 + 2,15 \times 10^{-8} + 1,3 \times 10^{-6}) \text{ m} \times 6 \\
 &= 0,252 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- **Pompa menuju filter**

Pompa ini digunakan untuk memompakan air dari bak pengendap 2 menuju filter.

Direncanakan:

- Pompa terdiri dari 2 unit, dimana digunakan secara bergantian.
- Pompa yang digunakan ialah pompa sentrifugal

Perhitungan:

a. Pipa suction

$$\text{Direncanakan kecepatan air (v)} = 1 \text{ m/detik}$$

$$\text{Direncanakan panjang pipa (m)} = 2,21 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit (Q)} &= 134,1 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 15,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Penentuan diameter (D)

$$A = Q / v$$

$$= 15,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/detik}$$

$$= 15,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$D = \frac{\sqrt{4 \times A}}{\pi}$$

$$= \frac{\sqrt{4 \times 15,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2}}{3,14}$$

$$= 0,0444 \text{ m}$$

$$= 44,4 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

Penentuan kehilangan tekan ($H_{f_{\text{mayor}}}$)

$$H_{f_{\text{mayor}}} = \left[\frac{Q}{(0,2785).C.D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \text{ suction}$$

$$= \left[\frac{15,5 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{(0,2785).120.(0,05)^{2,63}} \right]^{1,85} \times 2,21 \text{ m}$$

$$= 0,0454 \text{ m}$$

b. Pipa discharge

$$\text{Direncanakan kecepatan air (v)} = 1 \text{ m/detik}$$

$$\text{Direncanakan panjang pipa (m)} = 4,27 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit (Q)} &= 134,1 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 15,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Penentuan diameter (D)

$$A = Q / v$$

$$= 15,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/detik}$$

$$= 15,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$D = \frac{\sqrt{4 \times A}}{\pi}$$

$$= \frac{\sqrt{4 \times 15,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2}}{3,14}$$

$$= 0,0444 \text{ m}$$

$$= 44,4 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

Penentuan kehilangan tekan ($H_{f_{\text{mayor}}}$)

$$H_{f_{\text{mayor}}} = \left[\frac{Q}{(0,2785).C.D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \text{ discharge}$$

$$= \left[\frac{15,5 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{(0,2785).120.(0,05)^{2,63}} \right]^{1,85} \times 4,27 \text{ m}$$

$$= 0,088 \text{ m}$$

c. Head statis direncanakan 3,62 m

d. Perhitungan kehilangan tekanan minor ($H_{f_{\text{minor}}}$)

$$H_{f_{\text{minor}}} = k \frac{v^2}{2.g}$$

Cek v

$$= Q / A$$

$$= 15,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} / [1/4 \times 3,14 \times (0,05 \text{ m})^2]$$

$$= 0,79 \text{ m/detik}$$

$$= 0,8 \text{ m/detik}$$

Jenis aksesoris:

- 3 *Elbow* 90° (k = 0,3)

$$H_f = 3 \times [0,3 \times (0,64 \text{ m/det} / (2 \times 9,81 \text{ m/s}^2))] = 3 \times 0,00978 = 0,0293 \text{ m}$$
- 1 *Check valve* (k = 0,25)

$$H_f = 0,25 \times [0,64 \text{ m/det} / (2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)] = 0,008155 \text{ m}$$
- 1 *Gate valve* (k = 0,19)

$$H_f = 0,19 \times [0,64 \text{ m/det} / (2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)] = 0,0062 \text{ m}$$

$$H_{f\text{minor}} = 0,0293 \text{ m} + 0,008155 \text{ m} + 0,0062 \text{ m} = 0,0437 \text{ m}$$

e. Total head pompa

$$H_{\text{total}} = H_{f\text{mayor}}(\text{suction+discharge}) + H_{f\text{minor}} + H_{\text{static}} = (0,0454 + 0,088) \text{ m} + 0,0437 \text{ m} + 3,62 \text{ m} = 3,79 \text{ m} \approx 3,8 \text{ m}$$

f. Pompa yang digunakan adalah TSURUMI PUMP Centrifugal TSM 100 – 1,1 (220V), dengan detail spesifikasi:

- Inlet x Discharge Bore = 32 x 25 mm
- Motor output = 1,1 kW-1 phase-50 Hz
- Head maksimum = 27,4 m
- Laju debit maksimum = 160 L/min

4.4. **Mass Balance**

Mass balance atau kesetimbangan massa merupakan alur kualitas air limbah yang dituliskan secara sistematis, dimulai dari kualitas masuk atau *influen*, hingga kualitas keluar atau *effluen*, dan persentase penyisihannya (*removal*). *Mass balance* dapat juga dikatakan sebagai ringkasan beban masuk, keluar dan tersisihkan dari suatu air limbah.

Diketahui

a) Air limbah domestik

$$\text{Debit (Q)} = 117 \text{ m}^3/\text{hari}$$

BOD influen	= 69 mg/L
COD influen	= 114,5 mg/L
TSS influen	= 135 mg/L
Minyak & lemak	= 10 mg/L

b) Air limbah laboratorium

Sebelum pengenceran diketahui:

Debit	= 0,85 m ³ /hari
BOD influen	= 10.690 mg/L
COD influen	= 29.700 mg/L
TSS influen	= 938 mg/L
Fenol influen	= 6,03 mg/L
Deterjen influen	= 158,57 mg/L
Nitrogen influen	= 717,7 mg/L
Fosfat influen	= 298,13 mg/L
Minyak dan lemak influen	= 5900 mg/L

Setelah pengenceran, diketahui:

Debit	= 17,1 m ³ /hari
BOD influen	= 538,3 mg/L
COD influen	= 1484 mg/L
TSS influen	= 77,7 mg/L
Fenol influen	= 0,8 mg/L
Deterjen influen	= 12,3 mg/L
Nitrogen influen	= 34 mg/L
Fosfat influen	= 16 mg/L
Minyak dan lemak influen	= 283,5 mg/L

c) Air limbah domestik dan laboratorium

Debit	= 134,1 m ³ /hari
BOD influen	= 129 mg/L
COD influen	= 290 mg/L
TSS influen	= 127,7 mg/L
Fenol influen	= 0,1 mg/L
Deterjen influen	= 1,6 mg/L
Nitrogen influen	= 35,3 mg/L
Fosfat influen	= 8,1 mg/L
Minyak dan lemak influen	= 45 mg/L

A. Bak Netralisasi

Di dalam bak netralisasi, tidak terjadi penyisihan konsentrasi. Bak netralisasi berfungsi untuk menetralkan limbah yang bersifat asam dengan penambahan basa, sehingga persentase penyisihan sebesar 0%. seperti dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15 Mass Balance pada Bak Netralisasi

Parameter	Satuan	Bak Netralisasi		
		Influen	% Removal	Effluen
BOD	mg/L	538,3	0%	538,3
COD		1484	0%	1484
TSS		77,7	0%	77,7
Nitrogen		34	0%	34
Fosfat		16	0%	16
Deterjen		12,3	0%	12,3
Fenol		0,8	0%	0,8
Minyak & Lemak		283,5	0%	283,5

B. Grease Trap

Pada *grease trap*, proses yang berlangsung ditujukan untuk menghilangkan konsentrasi minyak & lemak yang tinggi di dalam air limbah. Unit *grease trap* dapat menyisihkan sebesar 80% kandungan minyak & lemak seperti dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut.

Tabel 4.16 Mass Balance pada Grease Trap

Parameter	Satuan	Grease Trap		
		Influen	% Removal	Effluen
BOD	mg/L	129	0%	129
COD		290	0%	290
TSS		127,7	0%	127,7

Parameter	Satuan	Grease Trap		
		Influen	% Removal	Effluen
Nitrogen		35,3	0%	35,3
Fosfat		8,1	0%	8,1
Deterjen		1,6	0%	1,6
Fenol		0,1	0%	0,1
Minyak & Lemak		45	80%	9

C. Bak Ekualisasi

Pada bak ekualisasi air limbah yang masuk tidak mengalami proses penyisihan atau *removal*, dikarenakan bak ekualisasi hanya berfungsi untuk pemerataan kualitas dan kuantitas. Sehingga persentase penyisihan sebesar 0%. Seperti dapat dilihat pada Tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.17 Mass Balance pada Bak Ekualisasi

Parameter	Satuan	Bak Ekualisasi		
		Influen	% Removal	Effluen
BOD	mg/L	129	0%	129
COD		290	0%	290
TSS		127,7	0%	127,7
Nitrogen		35,3	0%	35,3
Fosfat		8,1	0%	8,1
Deterjen		1,6	0%	1,6
Fenol		0,1	0%	0,1
Minyak & Lemak		9	0%	9

D. Tangki Septik

Di dalam tangki septik, terjadi penyisihan BOD sebesar 26%, COD sebesar 25% dan TSS sebesar 56%. Konsentrasi influen dan effluen yang terdapat pada tangki septik dapat dilihat pada Tabel 4.18 berikut.

Tabel 4.18 Mass Balance pada Tangki Septik

Parameter	Satuan	Tangki Septik		
		Influen	% Removal	Effluen
BOD	mg/L	129	26%	95
COD		290	25%	218,6
TSS		127,7	56%	55,7
Nitrogen		35,3	0%	35,3
Fosfat		8,1	0%	8,1
Deterjen		1,6	0%	1,6
Fenol		0,1	0%	0,1
Minyak & Lemak		9	0%	9

E. Anaerobic Filter

Di dalam *anaerobic filter*, terjadi penyisihan sebesar 85% (BOD), 82% (COD), 70% (TSS), 8% (nitrogen), 6% (fosfat), 49% (deterjen) 90,8% (fenol) dan 94% (minyak & lemak). Konsentrasi influen dan effluen yang terdapat pada *anaerobic filter* dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut.

Tabel 4.19 Mass Balance pada Anaerobic Filter

Parameter	Satuan	Anaerobic Filter		
		Influen	% Removal	Effluen
BOD	mg/L	95,5	85%	14,7
COD		218,6	82%	39,3
TSS		55,7	70%	16,8
Nitrogen		35,3	8%	32,6
Fosfat		8,1	6%	7,60
Deterjen		1,6	49%	0,8
Fenol		0,1	90,8%	0,01
Minyak & Lemak		9	94%	0,54

F. Filter

Pada filter, proses yang berlangsung ditujukan untuk menghilangkan konsentrasi nitrogen, dan fosfat di dalam air limbah. Filter dapat menyisihkan sebesar 99,5% kandungan nitrogen, dan 72% kandungan fosfat seperti dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut.

Tabel 4.20 Mass Balance pada Filter

Parameter	Satuan	Filter		
		Influen	% Removal	Effluen
BOD	mg/L	14,7	0%	14,7
COD		39,3	0%	39,3
TSS		16,8	0%	16,8
Nitrogen		20,6	99,5%	0,1
Fosfat		7,60	72%	2,13
Deterjen		0,8	0%	0,8
Fenol		0,01	0%	0,01
Minyak & Lemak		0,54	0%	0,54

Konsentrasi masing – masing parameter pada air limbah jika dikalikan dengan debit air limbah yang masuk per hari, maka akan didapatkan beban polutan per hari dalam satuan massa. Alur kesetimbangan massa air limbah dapat dilihat pada Gambar 4.3.

4.5. Bill of Quantity (BOQ)

Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) pada perancangan ini meliputi penggalian tanah biasa untuk konstruksi, pengurangan pasir dengan pemadatan, pekerjaan beton K-225, pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos), pekerjaan bekisting lantai dan dinding. Pekerjaan lain adalah pemasangan pipa air kotor diameter 2" (50 mm), pemasangan pipa air kotor diameter 4" (100 mm) dan pekerjaan pompa, blower, dan aksesoris.

1. BOQ Pembersihan Lahan Ringan dan Perataan

Pada pekerjaan ini, besarnya pembersihan lahan serta perataan berdasarkan luas lahan yang digunakan untuk Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Total luas lahan IPAL yakni sebesar **288 m²**.

2. BOQ Pekerjaan Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi

Pada pekerjaan ini, rumus perhitungan: panjang total x lebar total x (kedalaman + freeboard + tebal pelat bawah + tebal lantai kerja + tebal tutup + tebal pasir).

- Tebal pasir = 0,1 m
- Tebal lantai kerja = 0,05 m
- Freeboard = 0,3 m
- Tebal pelat bawah = 0,2 m
- Tebal tutup = 0,15 m

Berikut adalah perhitungan BOQ dari pekerjaan penggalian tanah biasa untuk konstruksi.

a. Bak netralisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak netralisasi (Tabel 4.5).

$$= (1/4 \times 3,14 \times (0,95 \text{ m})^2) \times 0,3 \text{ m} \\ = 0,21 \text{ m}^3$$

b. Bak Pembubuh

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak pembubuh (Tabel 4.5).

$$= (1/4 \times 3,14 \times (0,8 \text{ m})^2) \times 0,3 \text{ m} \\ = 0,15 \text{ m}^3$$

c. *Grease trap*

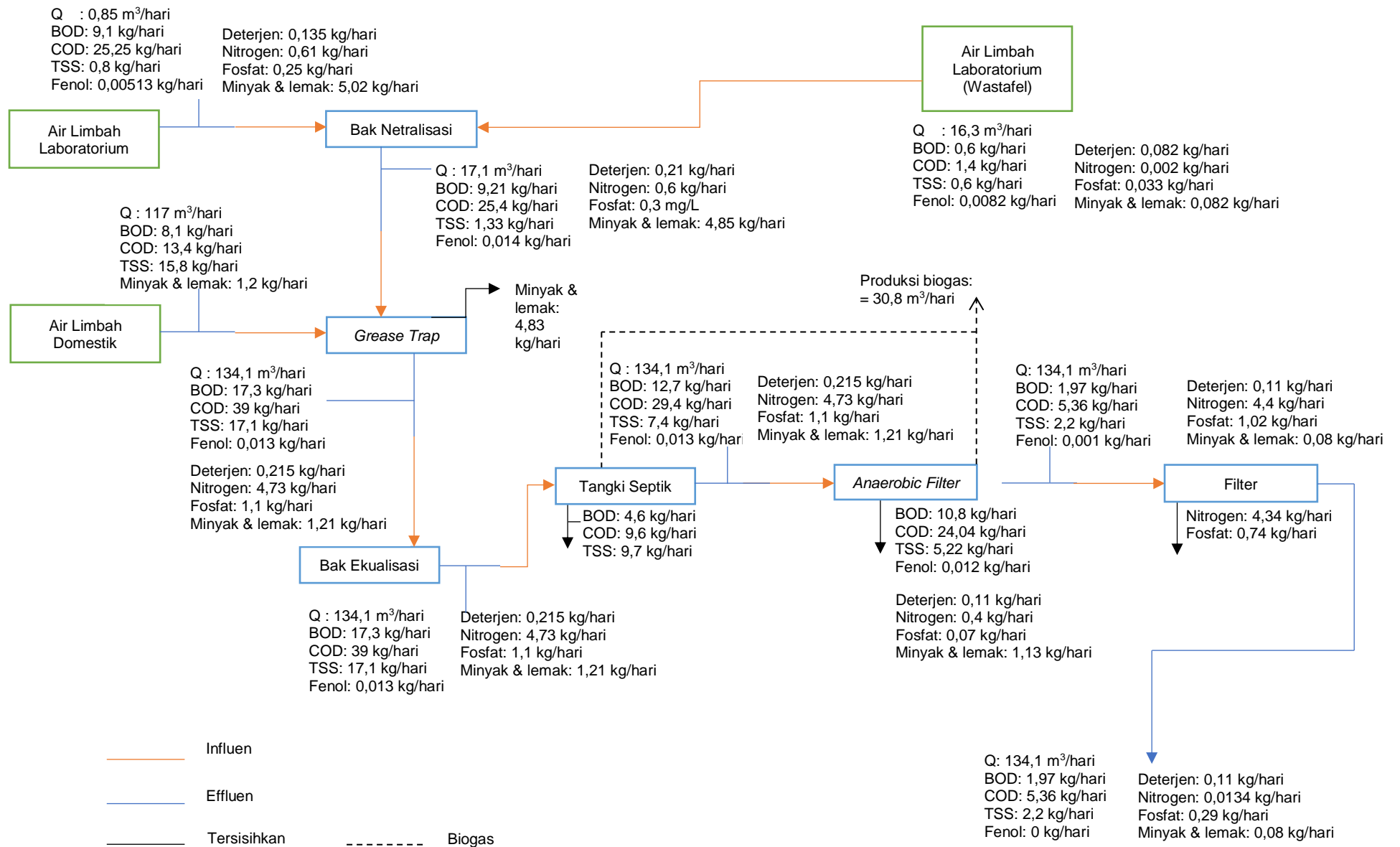
Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan *grease trap* (Tabel 4.8).

$$= 5,7 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \\ = 24,62 \text{ m}^3$$

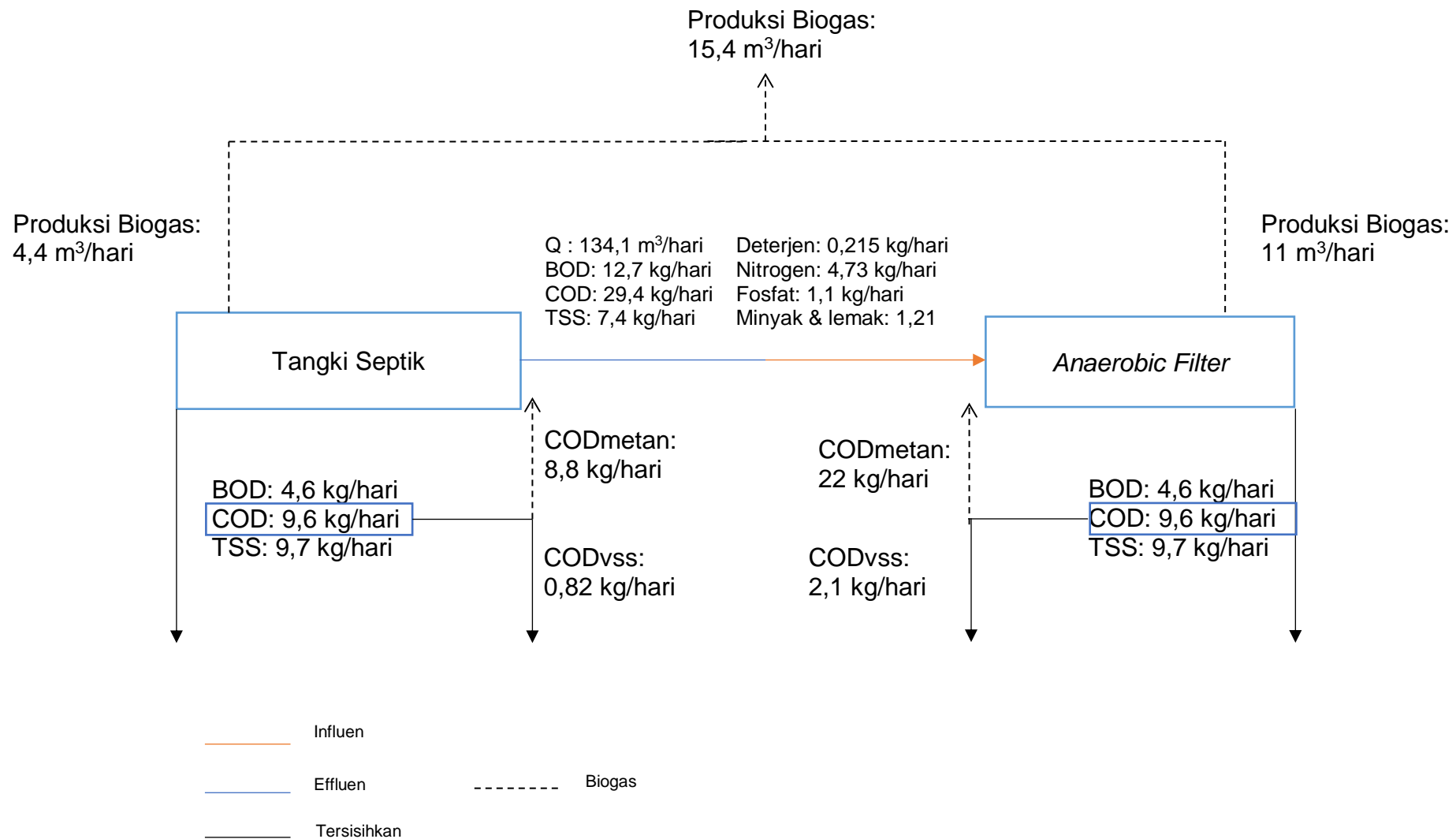
d. Bak ekualisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak ekualisasi (Tabel 4.12).

$$= 10,9 \text{ m} \times 5,9 \text{ m} \times 3,3 \text{ m} \\ = 212,22 \text{ m}^3$$



Gambar 4.3 Alur Keseimbangan Massa Air Limbah Laboratorium



Gambar 4.4 Detail Alur Keseimbangan Massa Tangki Septik dan Anaerobic Filter

- e. Tangki septik dan *anaerobic-aerobic filter*
 Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan tangki septik dan *anaerobic filter* (Tabel 4.13 – Tabel 4.14).
 $= 22,2 \text{ m} \times 4,4 \text{ m} \times 3,3 \text{ m}$
 $= 322,34 \text{ m}^3$
- f. Pipa Air Limbah Diameter 2”
 Bak netralisasi – grease trap
 Panjang 1 $= 2,3 \text{ m}$
 Lebar 1 $= 0,163 \text{ m}$
 Kedalaman penanaman $= 0,3 \text{ m}$
 Tebal pasir $= 0,1 \text{ m}$
 Volume penggalian 1 $= 2,3 \text{ m} \times 0,163 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$
 $= 0,15 \text{ m}^3$
Anaerobic filter – filter karbon
 Panjang 2 $= 1 \text{ m}$
 Lebar 2 $= 0,163 \text{ m}$
 Kedalaman penanaman $= 0,65 \text{ m}$
 Tebal pasir $= 0,1 \text{ m}$
 Volume penggalian 2 $= 1 \text{ m} \times 0,163 \text{ m} \times 0,66 \text{ m}$
 $= 0,11 \text{ m}^3$
 Total volume galian $= 0,26 \text{ m}^3$
- g. Pipa Air Limbah Diameter 4”
 Bak ekualisasi – tangki septik
 Panjang total $= 17,5 \text{ m}$
 Lebar total $= 0,21 \text{ m}$
 Kedalaman penanaman $= 0,36 \text{ m}$
 Tebal pasir $= 0,1 \text{ m}$
 Volume penggalian
 $= 17,5 \text{ m} \times 0,21 \text{ m} \times 0,46 \text{ m}$
 $= 1,7 \text{ m}^3$

Total volume pekerjaan penggalian tanah biasa untuk konstruksi yang diperlukan ialah **561,51 m³**.

3. BOQ Pekerjaan Pengurugan Pasir dengan Pemadatan

Pada pekerjaan ini, menggunakan rumus perhitungan: panjang x lebar x tebal pasir. Berikut adalah perhitungan BOQ dari pengurugan pasir dengan pemadatan.

- a. Bak netralisasi
 Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak netralisasi (Tabel 4.5).

$$= (1/4 \times 3,14 \times (0,95 \text{ m})^2) \times 0,1 \text{ m}$$

$$= 0,07 \text{ m}^3$$
- b. Bak Pembubuh
 Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak pembubuh (Tabel 4.5).

$$= (1/4 \times 3,14 \times (0,8 \text{ m})^2) \times 0,1 \text{ m}$$

$$= 0,05 \text{ m}^3$$
- c. *Grease trap*
 Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan *grease trap* (Tabel 4.8).

$$= 5,7 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$$

$$= 1,37 \text{ m}^3$$
- d. Bak ekualisasi
 Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak ekualisasi (Tabel 4.12).

$$= 10,9 \text{ m} \times 5,9 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$$

$$= 6,43 \text{ m}^3$$
- e. Tangki septik dan *anaerobic-aerobic filter*
 Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan tangki septik dan *anaerobic filter* (Tabel 4.13 – Tabel 4.14).

$$= 22,2 \text{ m} \times 4,4 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$$

$$= 9,77 \text{ m}^3$$
- f. Pipa Air Limbah Diameter 2"
 Bak netralisasi – grease trap
 Panjang total = 2,3 m
 Lebar total = 0,163 m
 Tebal pasir = 0,1 m
 Volume pengurangan = $2,3 \text{ m} \times 0,163 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$

$$= 0,04 \text{ m}^3$$

 Bak netralisasi – grease trap
 Panjang total = 1 m
 Lebar total = 0,163 m
 Tebal pasir = 0,1 m
 Volume pengurangan = $1 \text{ m} \times 0,163 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$

$$= 0,0163 \text{ m}^3$$

- Total volume = 0,06 m³
- g. Pipa Air Limbah Diameter 4"
- Panjang total = 17,5 m
- Lebar total = 0,21 m
- Tebal pasir = 0,1 m
- Volume penggalan = 17,5 m x 0,21 m x 0,1 m
- = 0,4 m³

Total volume pekerjaan pengurugan pasir dengan pemadatan yang diperlukan ialah **18,15 m³**.

4. BOQ Pekerjaan Beton K-225

Beton lantai bangunan

Pada pekerjaan ini, menggunakan rumus perhitungan: panjang x lebar x (tebal lantai kerja + tebal lantai bak).

- Tebal lantai kerja + tebal lantai bak = 0,25 m

Berikut adalah perhitungan BOQ dari unit pengolahan air limbah domestik berdasarkan pekerjaan beton lantai bangunan.

a. Bak netralisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak netralisasi (Tabel 4.5).

$$= (1/4 \times 3,14 \times (0,95 \text{ m})^2) \times 0,25 \text{ m}$$

$$= 0,18 \text{ m}^3$$

b. Bak pembubuh

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak pembubuh (Tabel 4.5).

$$= (1/4 \times 3,14 \times (0,8 \text{ m})^2) \times 0,25 \text{ m}$$

$$= 0,13 \text{ m}^3$$

c. Grease trap

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan grease trap (Tabel 4.8).

$$= 5,7 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$$

$$= 3,42 \text{ m}^3$$

d. Bak ekualisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak ekualisasi (Tabel 4.12).

$$= 10,9 \text{ m} \times 5,9 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$$

$$= 16,08 \text{ m}^3$$

- e. Tangki septik dan *anaerobic-aerobic filter*
 Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan tangki septik dan *anaerobic filter* (Tabel 4.13 – Tabel 4.14).
 $= 22,2 \text{ m} \times 4,4 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$
 $= 24,42 \text{ m}^3$

Beton dinding bangunan

Perhitungan volume beton dinding bangunan menggunakan rumus: (panjang total + lebar total) x tebal dinding x (kedalaman + freeboard + tebal tutup). Berikut adalah perhitungan BOQ dari pekerjaan beton dinding bangunan.

- a. Bak netralisasi
 Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak netralisasi (Tabel 4.5).
 Volume 1
 $= (1/4 \times 3,14 \times (0,95 \text{ m})^2) \times 0,78 \text{ m}$
 $= 0,553 \text{ m}^3$
 Volume 2
 $= (1/4 \times 3,14 \times (0,65 \text{ m})^2) \times 0,78 \text{ m}$
 $= 0,259 \text{ m}^3$
 Beton dinding $= 0,553 \text{ m}^3 - 0,259 \text{ m}^3 = 0,294 \text{ m}^3$
- b. Bak pembubuh
 Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak pembubuh (Tabel 4.5).
 Volume 1
 $= (1/4 \times 3,14 \times (0,8 \text{ m})^2) \times 0,85 \text{ m}$
 $= 0,427 \text{ m}^3$
 Volume 2
 $= (1/4 \times 3,14 \times (0,5 \text{ m})^2) \times 0,85 \text{ m}$
 $= 0,167 \text{ m}^3$
 Beton dinding $= 0,427 \text{ m}^3 - 0,167 \text{ m}^3 = 0,260 \text{ m}^3$
- c. *Grease trap*
 Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan *grease trap* (Tabel 4.8).
 $= (11,4 \text{ m} + 4 \text{ m}) \times 0,2 \text{ m} \times 1,45 \text{ m}$
 $= 4,466 \text{ m}^3$

d. Bak ekualisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak ekualisasi (Tabel 4.12).

$$\begin{aligned} &= (21,8 \text{ m} + 11 \text{ m}) \times 0,2 \text{ m} \times 2,95 \text{ m} \\ &= 19,352 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

e. Tangki septik dan *anaerobic-aerobic filter*

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan tangki septik dan *anaerobic filter* (Tabel 4.13 – Tabel 4.14).

$$\begin{aligned} &= (44,4 \text{ m} + 8 \text{ m}) \times 0,2 \text{ m} \times 2,95 \text{ m} \\ &= 30,916 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Baffle

Panjang baffle = 4 m

Lebar baffle = 0,2 m (tangki septik)
= 0,15 m (anaerobic filter)

Tinggi baffle = 2,65 m (tangki septik)
= 2,25 m (AF)

Jumlah baffle = 1 buah (tangki septik)
= 6 buah (anaerobic filter)

Volume total baffle

$$\begin{aligned} &= [1 \times (4 \times 0,2 \times 2,65)\text{m}] + [6 \times (4 \times 0,15 \times 2,25)\text{m}] \\ &= 10,22 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

Volume total baffle + tangki septik dengan anaerobic-aerobic filter adalah **$10,22 \text{ m}^3 + 30,916 \text{ m}^3 = 41,136 \text{ m}^3$** .

Beton tutup bangunan

Pada pekerjaan ini, menggunakan rumus perhitungan: panjang total x lebar total x tebal tutup bangunan

- Tebal tutup bangunan = 0,15 m
- Tebal tutup bangunan netralisasi dan pembubuh 0,05 m.

Berikut adalah perhitungan BOQ pekerjaan beton tutup bangunan.

a. Bak netralisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak netralisasi (Tabel 4.5).

$$= (1/4 \times 3,14 \times (0,67 \text{ m})^2) \times 0,05 \text{ m} \\ = 0,018 \text{ m}^3$$

b. Bak pembubuh

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak pembubuh (Tabel 4.5).

$$= (1/4 \times 3,14 \times (0,52 \text{ m})^2) \times 0,05 \text{ m} \\ = 0,011 \text{ m}^3$$

c. Grease trap

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan *grease trap* (Tabel 4.8).

$$= [2 \times (2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 0,15 \text{ m})] + (2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) \\ = 1,5 \text{ m}^3$$

d. Bak ekualisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak ekualisasi (Tabel 4.12).

$$= 10,5 \text{ m} \times 5,5 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \\ = 8,6625 \text{ m}^3$$

e. Tangki septik dan *anaerobic-aerobic filter*

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan tangki septik dan *anaerobic-aerobic filter* (Tabel 4.13 – Tabel 4.14).

$$= (3 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) + (1,5 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) + \\ [6 \times (2,65 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 0,15 \text{ m})] \\ = 12,24 \text{ m}^3$$

Dari uraian pekerjaan beton, maka total pekerjaan beton pengolahan air limbah domestik, ialah:

- Volume beton lantai bangunan = 44,22 m³
- Volume beton dinding bangunan = 65,47 m³
- Volume beton tutup bangunan = 22,43 m³
- **Total volume beton = 132,12 m³**

5. BOQ Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos)

Volume pekerjaan ini mengacu pada perhitungan volume pekerjaan beton bangunan. Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya, didapatkan hasil:

- Volume beton dinding, tutup dan lantai = 132,12 m³

Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat jenis 150 kg/m³, sehingga berat besi adalah **19.818,58 kg**.

6. BOQ Pekerjaan Bekisting Lantai dan Dinding

Pekerjaan ini menggunakan rumus: panjang total x lebar total untuk bekisting lantai dan (panjang total + lebar total) x tinggi untuk bekisting dinding. Berikut adalah perhitungan BOQ dari pekerjaan bekisting lantai dan dinding.

Bekisting lantai

a. Bak netralisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak netralisasi (Tabel 4.5).

$$= 1/4 \times 3,14 \times (0,95 \text{ m})^2$$

$$= 0,708 \text{ m}^2$$

b. Bak pembubuh

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak pembubuh (Tabel 4.5).

$$= 1/4 \times 3,14 \times (0,8 \text{ m})^2$$

$$= 0,5024 \text{ m}^2$$

c. *Grease trap*

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan *grease trap* (Tabel 4.8).

$$= 5,7 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}$$

$$= 13,68 \text{ m}^2$$

d. Bak ekualisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak ekualisasi (Tabel 4.12).

$$= 10,9 \text{ m} \times 5,9 \text{ m}$$

$$= 64,31 \text{ m}^2$$

e. Tangki septik dan *anaerobic-aerobic filter*

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan tangki septik dan *anaerobic filter* (Tabel 4.13 – Tabel 4.14).

$$= 22,2 \text{ m} \times 4,4 \text{ m}$$

$$= 97,68 \text{ m}^2$$

Total luas pekerjaan bekisting lantai yang diperlukan ialah $176,9 \text{ m}^2 = \mathbf{177 \text{ m}^2}$.

Bekisting dinding

a. Bak netralisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak netralisasi (Tabel 4.5).

$$= 1/4 \times 3,14 \times (0,5 \times 0,95 \text{ m}) \times 0,78 \text{ m}$$

$$= 2,33 \text{ m}^2$$

b. Bak pembubuh

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak pembubuh (Tabel 4.5).

$$= 1/4 \times 3,14 \times (0,5 \times 0,8 \text{ m}) \times 0,85 \text{ m}$$

$$= 2,13 \text{ m}^2$$

c. Grease trap

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan grease trap (Tabel 4.8).

$$= (11,4 \text{ m} + 4,8 \text{ m}) \times 1,45 \text{ m}$$

$$= 23,49 \text{ m}^2$$

d. Bak ekualisasi

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan bak ekualisasi (Tabel 4.12).

$$= (21,8 \text{ m} + 11,8 \text{ m}) \times 2,95 \text{ m}$$

$$= 99,12 \text{ m}^2$$

e. Tangki septik dan anaerobic-aerobic filter

Perhitungan ini mengacu kepada dimensi unit – unit pengolahan tangki septik dan anaerobic filter (Tabel 4.13 – Tabel 4.14).

$$= (44,4 \text{ m} + 8,8 \text{ m}) \times 2,95 \text{ m}$$

$$= 156,94 \text{ m}^2$$

Baffle

Panjang baffle = 4 m

Lebar baffle = 0,2 m (tangki septik
= 0,15 m (anaerobic filter)

Tinggi baffle = 2,65 m (tangki septik
= 2,25 m (anaerobic filter)

Jumlah baffle = 1 buah (tangki septik)

$$\begin{aligned}
 &= 6 \text{ buah (anaerobic filter)} \\
 \text{Bekisting dinding} &= 2 \times [(4 \text{ m} + 0,2 \text{ m}) \times 2,65 \text{ m}] \\
 &= 22,26 \text{ m}^2 \\
 &= 2 \times [(4 \text{ m} + 0,15 \text{ m}) \times (2,25 \text{ m})] \\
 &= 18,675 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Total luas pekerjaan bekisting dinding yang diperlukan ialah **302,7 m²**.

7. BOQ Pemasangan Pipa Air Kotor Dimensi 2"

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang pipa} &= 28,74 \text{ m} \\
 &\approx 30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

8. BOQ Pemasangan Pipa Air Kotor Dimensi 4"

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang pipa} &= 23,1 \text{ m} \\
 &\approx 24 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.6. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah hasil perhitungan antara volume pekerjaan (BOQ) dengan harga satuan yang telah dikalikan dengan indeks pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2016. Pada analisis RAB ini akan dihitung biaya:

- a. Penggalian tanah biasa untuk konstruksi
- b. Pengurugan pasir dengan pemadatan
- c. Pekerjaan beton K-225
- d. Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)
- e. Pekerjaan bekisting lantai
- f. Pekerjaan bekisting dinding
- g. Pemasangan pipa air kotor diameter 50 mm
- h. Pemasangan pipa air kotor diameter 100 mm
- i. Pengadaan pompa dan pipa serta komponen lainnya.

Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) perhitungan RAB masing - masing jenis kegiatan dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK)

Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
Pembersihan Lapangan Ringan dan Perataan		m²		
<u>Upah:</u>				
Mandor	0,025	O.H	158.000	3.950,00
Pembantu Tukang	0,05	O.H	110.000	5.500,00
			Jumlah:	9.450,00
			Nilai HSPK:	9.450,00
Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi		m³		
<u>Upah:</u>				
Mandor	0,025	O.H	158.000	3.950,00
Pembantu Tukang	0,75	O.H	110.000	82.500,00
			Jumlah:	86.450,00
			Nilai HSPK:	86.450,00
Penggalian Pasir (PADAT)		m³		
<u>Upah:</u>				
Mandor	0,01	O.H	158.000	1.580,00
Pembantu Tukang	0,3	O.H	110.000	33.000,00
			Jumlah:	34.580,00
<u>Bahan:</u>				
Pasir Urug	1,2	m ³	150.200	180.240,00
			Jumlah:	180.240,00
			Nilai HSPK:	214.820,00

Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
Pekerjaan Beton K-225		m³		
<u>Upah:</u>				
Mandor	0.083	O.H	158.000	13.114,00
Kepala Tukang Batu	0.028	O.H	148.000	4.144,00
Tukang Batu	0.275	O.H	121.000	33.275,00
Pembantu Tukang	1.65	O.H	110.000	181.500,00
			Jumlah:	232.033,00
<u>Bahan:</u>				
Semen PC 40 kg	9,275	Zak	60.700	562.992,50
Pasir Cor	0,43625	m ³	243.000	106.008,75
Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,5510526	m ³	487.900	268.858,58
Air Kerja	215	Liter	28	6.020,00
			Jumlah:	943.879,83
			Nilai HSPK:	1.175.912,83
Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos/Ulir)		kg		
<u>Upah:</u>				
Mandor	0,0004	O.H	158.000	63,20
Kepala Tukang Besi	0,0007	O.H	148.000	103,60
Tukang Besi	0,007	O.H	121.000	847,00
Pembantu Tukang	0,007	O.H	110.000	770,00
			Jumlah:	1.783,80
<u>Bahan:</u>				
Besi Beton Polos	1,05	kg	12.500	13.125,00

Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
Kawat Beton	0,015	kg	25.500	382,50
			Jumlah:	13.507,50
			Nilai HSPK:	15.291,30
Pekerjaan Bekisting Lantai		m²		
<u>Upah:</u>				
Mandor	0,033	O.H	158.000	5.214,00
Kepala Tukang Kayu	0,033	O.H	148.000	4.884,00
Tukang Kayu	0,33	O.H	121.000	39.930,00
Pembantu Tukang	0,66	O.H	110.000	72.600,00
			Jumlah:	122.628,00
<u>Bahan:</u>				
Paku Usuk	0,4	kg	19.800	7.920,00
Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	0,35	Lembar	121.400	42.490,00
Kayu Meranti Bekisting	0,04	m ³	3.350.400	134.016,00
Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0,015	m ³	4.711.500	70.672,50
Minyak Bekisting	0,2	Liter	29.600	5.920,00
			Jumlah:	261.018,50
			Nilai HSPK:	383.646,50
Pekerjaan Bekisting Dinding		m²		
<u>Upah:</u>				
Mandor	0,033	O.H	158.000	5.214,00
Kepala Tukang Kayu	0,033	O.H	148.000	4.884,00

Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
Tukang Kayu	0,33	O.H	121.000	39.930,00
Pembantu Tukang	0,66	O.H	110.000	72.600,00
			Jumlah:	122.628,00
<u>Bahan:</u>				
Paku Usuk	0,4	kg	19.800	7.920,00
Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	0,35	Lembar	121.400	42.490,00
Kayu Meranti Bekisting	0,03	m3	3.350.400	100.512,00
Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0,02	m3	4.711.500	94.230,00
Minyak Bekisting	0,2	Liter	29.600	5.920,00
			Jumlah:	251.072,00
			Nilai HSPK:	373.700,00
Pemasangan Pipa Air Kotor Diameter 2"		m		
<u>Upah:</u>				
Mandor	0,0027	O.H	158.000	426,60
Kepala Tukang	0,009	O.H	148.000	1.332,00
Tukang	0,09	O.H	121.000	10.890,00
Pembantu Tukang	0,054	O.H	110.000	5.940,00
			Jumlah:	18.588,60
<u>Bahan:</u>				
Pipa Plastik PVC Tipe C Uk. 2" Pj. 4 mtr	0,3	Batang	50.000	15.000,00
Pipa Plastik PVC Tipe C Uk. 2" Pj. 4 mtr	0,105	Batang	50.000	5.250,00

Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
			Jumlah:	20.250,00
			Nilai HSPK:	38.838,60
Pemasangan Pipa Air Kotor Diameter 4"		m		
<u>Upah:</u>				
Mandor	0,0041	O.H	158.000	647,80
Kepala Tukang	0,0135	O.H	148.000	1.998,00
Tukang	0,135	O.H	121.000	16.335,00
Pembantu Tukang	0,081	O.H	110.000	8.910,00
			Jumlah:	27.890,80
<u>Bahan:</u>				
Pipa Plastik PVC Tipe C Uk. 4" Pj. 4 mtr	0,3	Batang	93.100	27.930,00
Pipa Plastik PVC Tipe C Uk. 4" Pj. 4 mtr	0,105	Batang	93.100	9.775,50
			Jumlah:	37.705,50
			Nilai HSPK:	65.596,30

Sumber: HSPK Kota Surabaya, 2016

Berdasarkan HSPK Kota Surabaya Tahun 2016 (**Tabel 4.21**), dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya untuk pembangunan unit – unit pengolahan. Perhitungan rencana anggaran biaya terdiri dari tahap pembangunan atau konstruksi dan tahap operasional. Hasil perhitungan rencana anggaran biaya tahap pembangunan dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap biaya tahap operasional. Biaya tahap operasional adalah biaya yang

dikeluarkan pengelola IPAL selama proses pengolahan berlangsung.

Tabel 4.22 Rencana Anggaran Biaya Unit – Unit Pengolahan

No.	Uraian Kegiatan	Satuan	Harga HSPK (Rp.)	Jumlah	Harga Total (Rp.)
1	Pembersihan Lapangan Ringan dan Perataan	m ²	9.450,00	288	2.721.600
2	Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m ³	86.450,00	562	48.542.540
3	Penggalian Pasir (PADAT)	m ³	214.820,00	18,2	3.898.983
4	Pekerjaan Beton K-225	m ³	1.175.912,83	132,12	155.366.157
5	Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos/Ulir)	kg	15.291,30	19819	303.051.866
6	Pekerjaan Bekisting Lantai	m ²	383.646,50	177	67.859.724
7	Pekerjaan Bekisting Dinding	m ²	373.700,00	303	113.114.109
8	Pemasangan Pipa Air Kotor Diameter 2"	m	38.838,60	30	1.165.158
9	Pemasangan Pipa Air Kotor Diameter 4"	m	65.596,30	24	1.574.311
10	Pengadaan Pompa Dosing Pump	Buah	2.100.000	2	4.200.000
11	Pengadaan Pompa Resirkulasi Ekualisasi	Buah	4.499.000	2	8.998.000
12	Pengadaan Pompa Filter	Buah	5.229.000	2	10.458.000
13	Pengadaan Media Sarang Tawon	m ³	25.000	78,3	1.957.500
14	Pengadaan Tangki Filter	Buah	3.800.000	2	7.600.000
15	Pengadaan Media Karbon Aktif	5 Kg	180.000	14	2.520.000
16	Pengadaan Media Kerikil	Kg	2000	636	1.271.700

No.	Uraian Kegiatan	Satuan	Harga HSPK (Rp.)	Jumlah	Harga Total (Rp.)
17	Pengadaan Media Pasir Silika	m3	185.000	5,3	980.500
18	Pengadaan NaOH	kg	30.000	2	60.000
19	Pengadaan Aksesoris:				
	-Impeller	Buah	4.973.078	1	4.973.078
	-Tee All flange 2"	65 Buah	6.400	1	6.400
	-Tee All flange 4"	8 Buah	31.400	1	31.400
	-Elbow 90° 2"	100 Buah	4.850	1	4.850
	-Elbow 90° 4"	15 Buah	23.700	1	23.700
	-Gate valve	Buah	481.120	5	2.405.600
	-Check valve	Buah	163.500	3	490.500
	Total				743.275.675

Sumber: Hasil Perhitungan

Biaya tahap operasional memperhitungkan konsumsi listrik dari pompa, dan impeller serta gaji operator selma satu bulan. Besar konsumsi listrik unit – unit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Konsumsi Listrik

No.	Unit	Peralatan	Jumlah	Daya (kW)	Waktu Operasi / Hari (Jam)	Jumlah Daya per Hari (kW)
1	Bak pembubuh	Pompa dosing pump	2 ^{a)}	0,135	0,083	0,011205
2	Bak netralisasi	Impeller	1	0,5	0,083	0,0415
3	Bak ekualisasi	Pompa resirkulasi	2 ^{b)}	0,15	16	2,4

No.	Unit	Peralatan	Jumlah	Daya (kW)	Waktu Operasi / Hari (Jam)	Jumlah Daya per Hari (kW)
4	Filter karbon	Pompa filter	2 ^{c)}	1,10	16	17,6

Keterangan:

a), b), c) digunakan secara bergantian

Berdasarkan **Tabel 4.23**, total biaya pemakaian listrik selama satu bulan dapat didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui:

- Harga listrik per kWh = Rp 1.467,28

Perhitungan:

- Pompa dosing pump
Jumlah daya per hari = 0,011205 kW
Total biaya per hari = Rp 16,44
- Impeller
Jumlah daya per hari = 0,0415 kW
Total biaya per hari = Rp 60,89
- Pompa resirkulasi
Jumlah daya per hari = 2,4 kW
Total biaya per hari = Rp 3.521,47
- Pompa filter
Jumlah daya per hari = 17,6 kW
Total biaya per hari = Rp 25.824,13
- Total biaya per hari = **Rp 29.442,93**
- Total biaya per bulan = **Rp 882.687,99**

Kemudian untuk perhitungan gaji operator, direncanakan jumlah operator yang dipekerjakan sebanyak 2 orang dengan gaji sebesar Rp 2.000.000,00 per bulan. Sehingga biaya yang dikeluarkan untuk gaji operator sebesar Rp 4.000.000,00. Total biaya operasional selama satu bulan adalah:

- Biaya listrik = Rp 882.687,99
- Gaji operator = Rp 4.000.000,00
- Total biaya = **Rp 4.882.687,99**

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5 PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari perancangan ini, didapatkan beberapa kesimpulan bahwa:

1. Penggabungan pengolahan dua jenis air limbah (domestik dan laboratorium) dilakukan untuk menghemat lahan dan unit pengolahan yang dibutuhkan.
2. Unit pengolahan yang sesuai untuk pengolahan air limbah perkantoran (studi kasus: "MIPA Tower" ITS Surabaya) ialah, bak netralisasi ($\varnothing = 0,65$ m, H = 0,43 m), *grease trap* (4 m x 2 m x 1 m), bak ekualisasi (10,5 m x 5,5 m x 2,5 m), tangki septik (4,5 m x 4 m x 2,5 m) terintegrasi dengan *anaerobic filter* 6 kompartemen (2,25 m x 5,5 m x 2,5 m) dan filter dengan tebal karbon aktif 50 cm, pasir silika 150 cm, gravel 10 cm, dan diameter tangki 1,5 m.
3. Anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan dan operasi unit – unit pengolahan, masing – masing sebesar **Rp 743.275.675** dan **Rp 4.882.687,99**

5.2. Saran

Melihat dari hasil perancangan pada tugas akhir ini, dapat diajukan beberapa saran sebagai berikut:

1. Pemisahan limbah laboaratorium harus dipisahkan berdasarkan karakteristik masing – masing bahan kimia, sehingga *pre treatment* masing – masing bahan dapat dilakukan.
2. Mengadakan uji kandungan logam berat terhadap limbah laboratorium, dan menetapkan *pre treatment* nya.
3. Pembangunan dan penempatan unit pengolahan harus diatur sedemikian rupa untuk kemudahan operasional dan perawatan (*maintenance*).

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Awaluddin, N. 2007. **Teknologi Pengolahan Air Tanah sebagai Sumber Air Minum pada Skala Rumah Tangga: Peran Mahasiswa dalam Aplikasi Keteknkan Menuju Globalisasi Teknologi**. Jakarta: Pekan Apresiasi LEM – FTSP UII. 17 – 18 Desember.
- Bahl, B.S., Tuli, G.D. dan Bahl, A. 1997. **Essential of Physical Chemistry**. New Delhi: S. Chand and Company, Ltd.
- Benatti, C. T., Granhen, C. R. dan Guedes, T. A. 2006. "Optimization of Fenton's Oxidation of Chemical Laboratory Wastewaters Using Response Surface Methodology". **Journal of environment management**, Vol. 80, pp. 66-74.
- Chrisafitri, A. dan Karnaningroem, N. 2012. "Pengolahan Air Limbah Pencucian Mobil dengan Reaktor Saringan Pasir Lambat dan Karbon Aktif". **Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVI**, 14 Juli. Surabaya: Program Studi MMT – ITS.
- Cordova, M. R. 2008. **Kajian Air Limbah Domestik di Perumnas Bantar Kemang, Kota Bogor dan Pengaruhnya Pada Sungai Ciliwung**. Skripsi. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik dan Sarana Kesehatan. 2011. **Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob pada Fasilitas Layanan Kesehatan**. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Yogyakarta: Kanisius.
- Fachrurrozi, M., Utami, L. B.; dan Suryani, D. 2010. "Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia Stratiotes L.* Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta". **Jurnal Kesehatan Masyarakat (Journal of Public Health)**, Vol. 4, No. 1.
- Hadiwidodo, M., Oktawan, W., Primadani, A. R., Parasmitha, B. N. dan Gunawan, I. 2012. "Pengolahan Air Lindi dengan

- Proses Kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob dan Wetland". **Jurnal Presipitasi**, Vol. 9, No. 2.
- Hamid, A. 2014. **Perbandingan Desain IPAL Proses Attached Growth Anaerobic Filter dengan Suspended Growth Anaerobic Baffled Reactor untuk Pusat Pertokoan di Kota Surabaya**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Hartini, E., dan Yuantari, MG. Catur. 2011. "Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulan Alum Sulfat dan *Poly Alum Chloride* di Laboratorium Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro Semarang". **Jurnal Dian**, Vol. 11, No. 2.
- Herlambang, A. 2001. "Pengaruh Pemakaian Biofilter Struktur Sarang Tawon pada Pengolah Limbah Organik Sistem Kombinasi Anaerob-Aerob (Studi Kasus: Limbah Tahu dan Tempe)". **Jurnal Teknologi Lingkungan**, Vol. 2, No.1.
- Indriani, T., dan Herumurti, W. 2010. **Studi Efisiensi Paket Pengolahan Grey Water Model Kombinasi ABR- Anaerobic Filter**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Iskandar, S., Fransisca, I., Arianto, E. dan Ruslan, A. 2016. **Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik – Terpusat Skala Permukiman**. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Cipta Karya Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman.
- Mahawika, Yosaria. 2006. **Penurunan Logam Berat Cu menggunakan Adsorben Rumput Laut Jenis *Gracilaria verusossa* secara Batch dan Kontinyu**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang.
- Mara, D. 1978. **Sewage Treatment in Hot Climates (English Language Book Society Edition)**. London: John Wiley & Sons, Ltd.
- Martinez A., O.M., Ramirez F., J.H. dan Toledo R., M.L. 2013. "Total Organic Carbon *Removal* from A Chemical Lab's

- Wastewater Using Fenton's Reagent". **Ingeniería E Investigación**, Vol. 33 No. 2, pp. 30-35.
- Martopo, S. 1987. "Dampak Limbah Terhadap Lingkungan". **Bahan Diskusi Kursus Singkat Penanganan Limbah Secara Hayati**. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Marsidi, R. dan Herlambang, A. 2002. "Proses Nitrifikasi dengan Sistem Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Amoniak Konsentrasi Tinggi". **Jurnal Teknologi Lingkungan**, Vol. 3, No. 3.
- Masduqi, A. dan Assomadi, A. F. 2012. **Operasi dan Proses Pengolahan Air**. Surabaya: ITS Press.
- Menteri Lingkungan Hidup. 2003. **Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik**. Jakarta
- Mukhtasor. 2007. **Pencemaran Pesisir dan Laut**. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Nasr, F. A., Doma, H. S., Abdel-Halim, H. S. dan El-Shafai, S. A. 2004. "Chemical Industry Wastewater Treatment". **TESCE**, Vol. 30, No.2.
- Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Timur. 2013. **Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya**. Surabaya.
- Pratiwi, R. S. dan Purwanti, I. F. 2015. "Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik di Kelurahan Keputih Surabaya". **Jurnal Teknik ITS**, Vol. 4, No. 1.
- Puspitahati, C. 2012. **Studi Kinerja Biosand Filter dalam Mengolah Limbah Laundry dengan Parameter Fosfat**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Putra, A. H. 2013. **Rancang Bangun Unit Pengolahan Air Skala Rumah Tangga**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Qasim, S. R. 1991. **Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation**. New York: McGraw-Hill.
- Rakhmadany, A. 2013. **Desain Alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Proses Aerobik**,

- Anaerobik dan Kombinasi Aerobik Anaerobik di Kota Surabaya.** Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Rahardjo, P. N. 2002. **Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri: Teknologi Pengolahan Limbah Cair dengan Proses Kimia.** Jakarta: Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material dan Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Republik Indonesia. 2001. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.** Sekretariat Negara. Jakarta.
- Rubalcaba, A; Suarez-Ojeda, M.E.; Stuber, F.; Fortuny, A.; Bengoa, C.; Metcalfe, I.; Font, J.; Carrera, J. dan Fabregat, A. 2007. "Phenol Wastewater Remediation: Advanced Oxidation Processes Coupled to A Biological Treatment. **Water Science and Technology**, Vol. 55, No. 12. (pp 221-227).
- Said, N. I. 2000. "Teknologi Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilm Tercelup". **Jurnal Teknologi Lingkungan**, Vol. 1, No. 2.
- Santoso, A. 2015. **Perencanaan Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Alternatif Media Biofilter (Studi Kasus: Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya).** Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- Santoso, S. 2014. "Limbah Cair Domestik: Permasalahan Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan". **Materi Penyuluhan Kepada Masyarakat Desa Pasinggangan, Kec. Banyumas.** Purwokerto: Universitas Negeri Jenderal Soedirman.
- Saputra, Bobby Wahyu. 2008. **Desain Sistem Adsorpsi dengan Dua Adsorber.** Skripsi. Fakultas Teknik, Program Teknik Mesin. Universitas Indonesia. Depok.
- Sasongko, L. A. 2006. **Kontribusi Air Limbah Domestik Penduduk Di Sekitar Sungai Tuk Terhadap Kualitas Air Sungai Kaligarang serta Upaya Penanganannya (Studi**

- Kasus Kelurahan Sampangan dan Bendan Ngisor Kecamatan Gajah Mungkur Kota Semarang).** Thesis. Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sasse, L. 1998. **DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries.** Bremen: BORDA (Bremen Overseas Research and Development Association).
- Sasse, L. 2009. **DEWATS; Decentralized Wastewater Treatment in Developing Countries.** Bremen: BORDA.
- Shokoohi, Reza.; Movahedian, Hossein. Dan Dargahi, Abdollah. 2016. "Evaluation of the Efficiency of a Biofilter System's Phenol Removal from Wastewater". **Avicenna J Environ Health Eng.** Vol. 3, No. 1.
- Sidat, M.; Kasan, HC.; dan Bux, F. 1999. "Laboratory-scale Investigation of Biological Phosphate Removal from Municipal Wastewater". **Water SA**, Vol. 25, No. 4.
- Sugiharto. 1987. **Dasar – Dasar Pengolahan Air Limbah.** Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Sustainable Sanitation and Water Management. **Anaerobic Filter**, diperoleh 16 Januari 2017, dari <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments-7>
- Tim Teknis Pembangunan Sanitasi. 2010. **Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi.** Jakarta.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. dan Stensel, H. D. 2014. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse (5th Edition).** New York: McGraw-Hill.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. dan Stensel, H. D. 2003. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse (4th Edition).** New York: McGraw-Hill.
- Thomas, W.J dan Crittenden, B. 1998. **Adsorption Technology and Design.** Elsevier.
- Wardhana, I.W., Handayani, D.S. dan Rahmawati, D.I. 2009. "Penurunan Kandungan Fosfat pada Limbah Cair Industri Pencucian Pakaian (*Laundry*) menggunakan Karbon Aktif dari Sampah Plastik dengan Metode Batch dan Kontinyu (Studi Kasus: Limbah Cair Industri *Laundry*)

- Lumintu Tembalang, Semarang)". **Jurnal Teknik**, Vol. 30, No. 2.
- Widayat, W. 2009. "Daur Ulang Air Limbah Domestik Kapasitas 0,9 m³ per Jam Menggunakan Kombinasi Reaktor Biofilter Anaerob Aerob dan Pengolahan Lanjutan". **Jurnal Air Indonesia**, Vol. 5, No. 1.
- Widjajanti, E. 2009. " Penanganan Limbah Laboratorium Kimia". **Kegiatan PPM Prodi Dik Kim**, 13 Nopember.
- Wongthanate, J., Mapracha, N., Prapagdee, B., dan Arunlertaree, C. 2014. "Efficiency of Modified Grease Trap for Domestic Wastewater Treatment". **The Journal of Industrial Technology**, Vol. 10, No. 2.
- Yudo, S. dan Setiyono. Januari 2008. "Perencanaan Instalasi Pengolahan Limbah Domestik di Rumah Susun Karang Anyar Jakarta". **Jurnal Teknik Lingkungan**, Vol. 9, No. 1, pp 31-40.

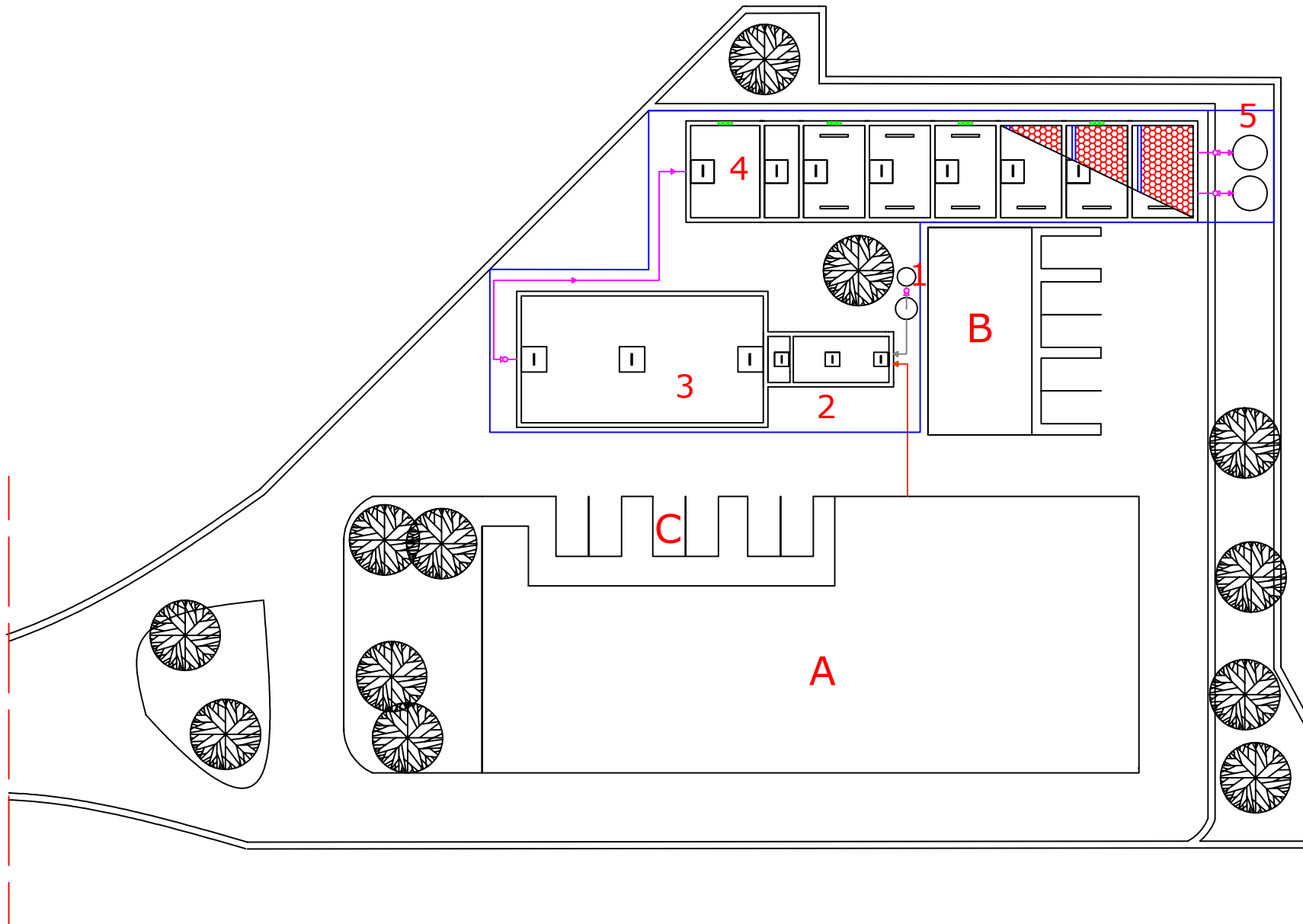
LAMPIRAN A
TABEL PERHITUNGAN TANGKI SEPTIK DAN ANAEROBIC FILTER

Data Umum untuk <i>Anaerobic Filter</i> dengan Tangki Septik Terintegrasi											
Debit air limbah harian	Lama aliran air limbah	Debit jam puncak	<i>Inflow</i> COD	<i>Inflow</i> BOD ₅	Rasio SS yang dapat diendapkan/COD	Temperatur terendah	HRT di tangki septik	Waktu pengurusan	<i>Removal</i> COD tangki septik	<i>Removal</i> BOD ₅ tangki septik	Faktor <i>removal</i> BOD/COD
Diberikan	Diberikan	Perhit.	Diberikan	Diberikan	Diberikan	Diberikan	Dipilih	Dipilih	Perhit.	Perhit.	Perhit.
m ³ /hari	Jam	m ³ /jam	mg/L	mg/L	mg/L	°C	Jam	Bulan	%	%	rasio
134,1	13	10,32	290	129	0,42	28	2	24	25%	26%	1,06
COD/BOD ₅ ->			2,24								
Data Pengolahan											
<i>Inflow</i> COD pada AF	<i>Inflow</i> BOD ₅ pada AF	Permukaan spesifik media filter	Voids pada <i>filter mass</i>	HRT di dalam reaktor AF	Faktor untuk menghitung laju <i>removal</i> COD pada <i>Anaerobic Filter</i>				Laju <i>removal</i> COD (AF saja)	<i>Outflow</i> COD dari AF	Laju <i>removal</i> COD keseluruhan sistem
Perhit.	Perhit.	Diberikan	Diberikan	Dipilih	Dihitung berdasarkan grafik				Perhit.	Perhit.	Perhit.
mg/L	mg/L	m ² /m ³	%	Jam	f-temp	f-strength	f-surface	f-HRT	%	mg/L	%
218,6	95,5	200	98%	24	1,048	0,89	1,06	67%	82%	39,3	86%
		150 - 220									

Dimensi Tangki Septik											
Faktor <i>removal</i> BOD/COD	Laju <i>removal</i> BOD ₅ keseluruhan sistem	<i>Outflow</i> BOD ₅ dari AF	Lebar tangki septik	Kedalaman air minimal pada titik inlet	Panjang kompartemen pertama		Panjang kompartemen kedua		Akumulasi lumpur	Volume (termasuk lumpur)	Volume aktual tangki septik
Perhit.	Perhit.	Perhit.	Dipilih	Dipilih	Perhit.	Dipilih	Perhit.	Dipilih	Perhit.	Dibutuhkan	Perhit.
Rasio	%	mg/L	m	m	m	m	m	m	L/g COD	m ³	m ³
1,025	88,6	14,7	4	2,5	2,75	3	1,38	1,5	0,00332	41,3	45,00
Dimensi Anaerobic Filter							Produksi Biogas			Cek	
Volume tangki filter	Kedalaman tangki filter	Panjang tiap tangki	Jumlah tangki filter	Lebar tangki filter	Ruang dibawah media penyangga	Tinggi filter (bagian atas 40 cm di bawah muka air)	Dari tangki septik	Dari anaerobic filter	Total	Organic loading COD pada filter	Kecepatan <i>upflow</i> maks. Didalam void filter
Perhit.	Dipilih	Perhit.	Dipilih	Dibutuhkan	Dipilih	Perhit.	Asumsi: 70% CH ₄ ; 50% terlarut			Perhit.	Perhit.
m ³	m	m	No.	m	m	m	m ³ /hari	m ³ /hari	m ³ /hari	kg/m ³ .hari	m/jam
134,1429937	2,5	2,25	6	3,61	0,6	1,45	8,8	22	30,8	0,38	1,17
										< 4,5	< 2,0

LAMPIRAN B
HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN KOTA
SURABAYA

LAMPIRAN C
DETAILED ENGINEERING DESIGN UNIT PENGOLAHAN



Departemen Teknik Lingkungan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember
Surabaya

Tugas Akhir

Perancangan Sistem Pengolahan Air
Limbah pada Gedung Perkantoran
(Studi Kasus: MIPA Tower ITS
Surabaya)

Nama Mahasiswa

Rizky Raishsha Yasmine
(NRP. 3313 100 028)

Dosen Pembimbing

Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D
(NIP. 19620816 199003 1 004)

Legenda

- A. Gedung Utama
- B. Laboratorium Khusus
- C. Tempat Parkir
- 1. Bak Netralisasi & Pembubuh
- 2. Grease Trap
- 3. Bak Ekualisasi
- 4. Tangki Septik dan Anaerobik Filter
- 5. Filter

Judul Gambar

Layout Instalasi
Pengolahan Air Limbah

Skala

1 : 250

Nomor Gambar

1



Departemen Teknik Lingkungan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember
Surabaya

Tugas Akhir

Perancangan Sistem Pengolahan Air
Limbah pada Gedung Perkantoran
(Studi Kasus: MIPA Tower ITS
Surabaya)

Nama Mahasiswa

Rizky Raissya Yasmine
(NRP. 3313 100 028)

Dosen Pembimbing

Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D
(NIP. 19620816 199003 1 004)

Legenda

Judul Gambar

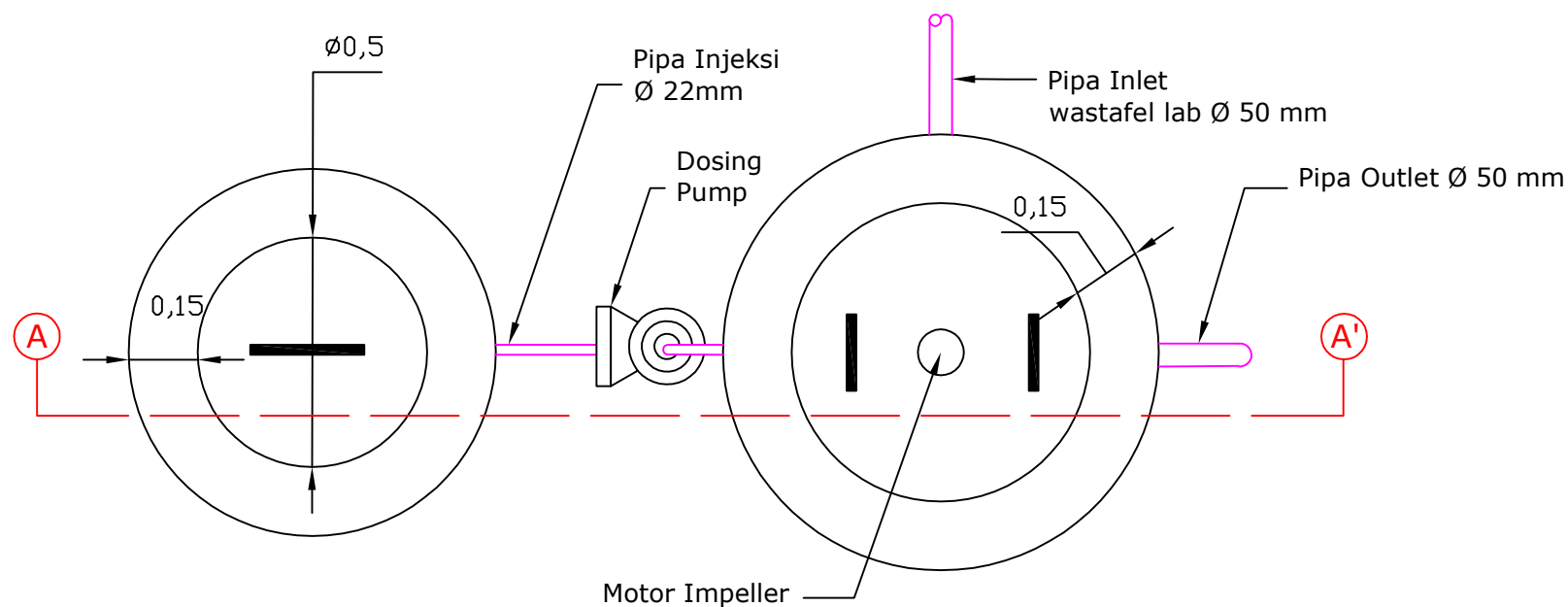
Potongan A-A' Bak
Pembubuh - Bak Netralisasi

Skala

1 : 16

Nomor Gambar

2





Departemen Teknik Lingkungan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember
Surabaya

Tugas Akhir

Perancangan Sistem Pengolahan Air
Limbah pada Gedung Perkantoran
(Studi Kasus: MIPA Tower ITS
Surabaya)

Nama Mahasiswa

Rizky Raishsha Yasmine
(NRP. 3313 100 028)

Dosen Pembimbing

Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D
(NIP. 19620816 199003 1 004)

Legenda

Judul Gambar

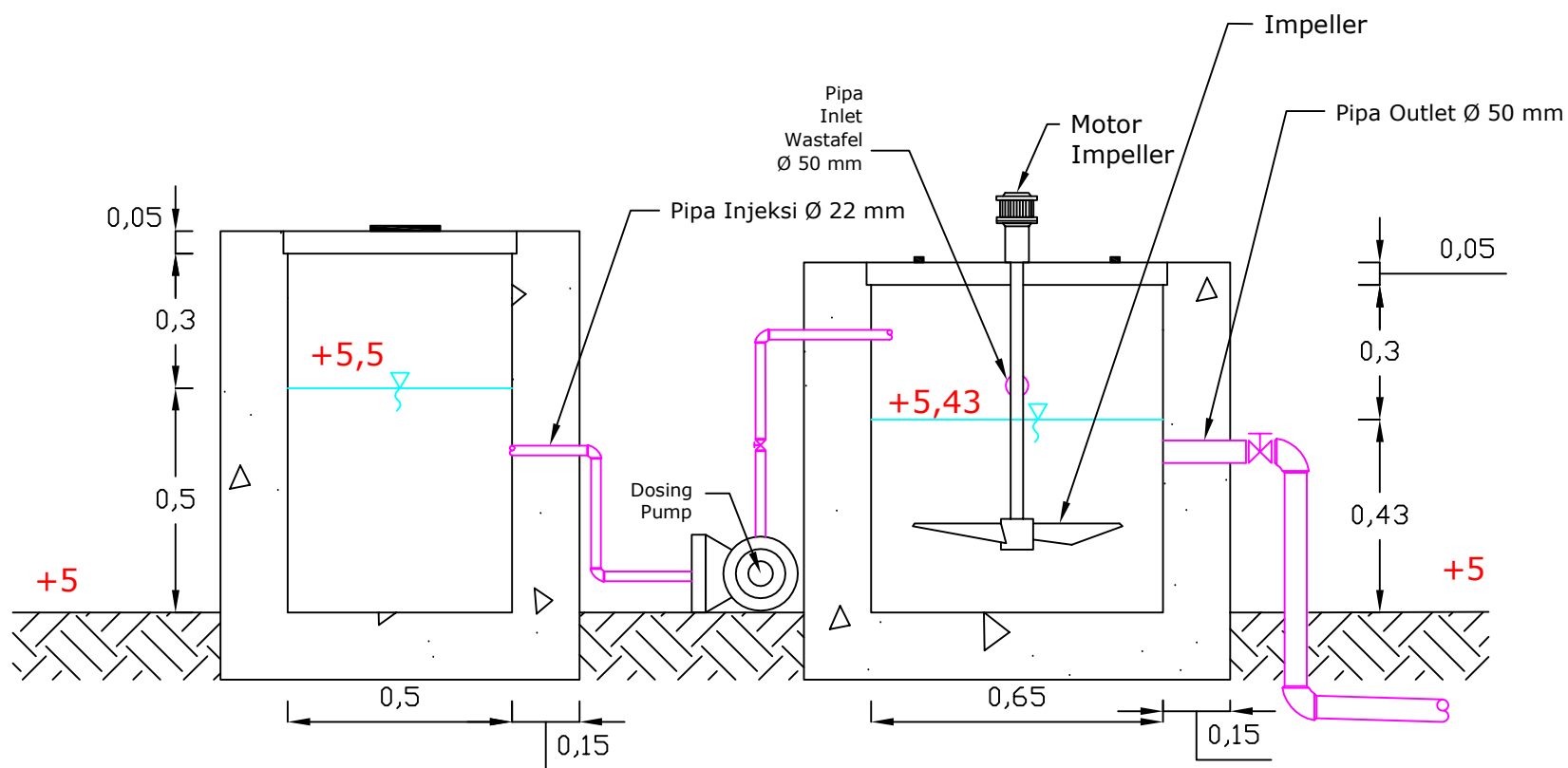
Potongan A-A' Bak
Pembubuh - Bak Netralisasi

Skala

1 : 16

Nomor Gambar

3





Departemen Teknik Lingkungan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember
Surabaya

Tugas Akhir

Perancangan Sistem Pengolahan Air Limbah pada Gedung Perkantoran
(Studi Kasus: MIPA Tower ITS
Surabaya)

Nama Mahasiswa

Rizky Raishsha Yasmine
(NRP. 3313 100 028)

Dosen Pembimbing

Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D
(NIP. 19620816 199003 1 004)

Legenda

Judul Gambar

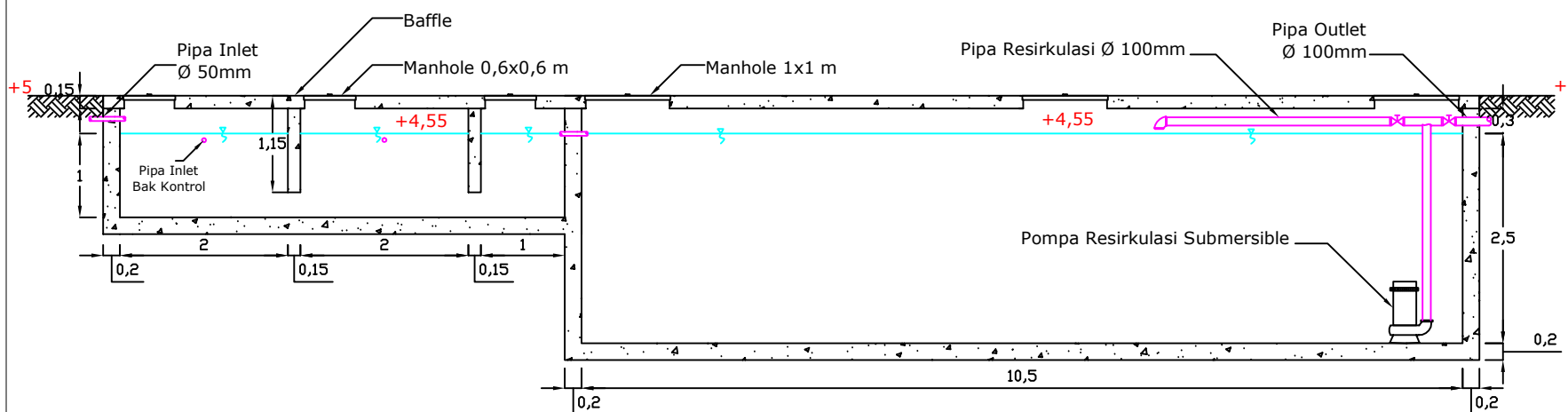
Potongan A-A' Grease Trap -
Bak Ekualisasi

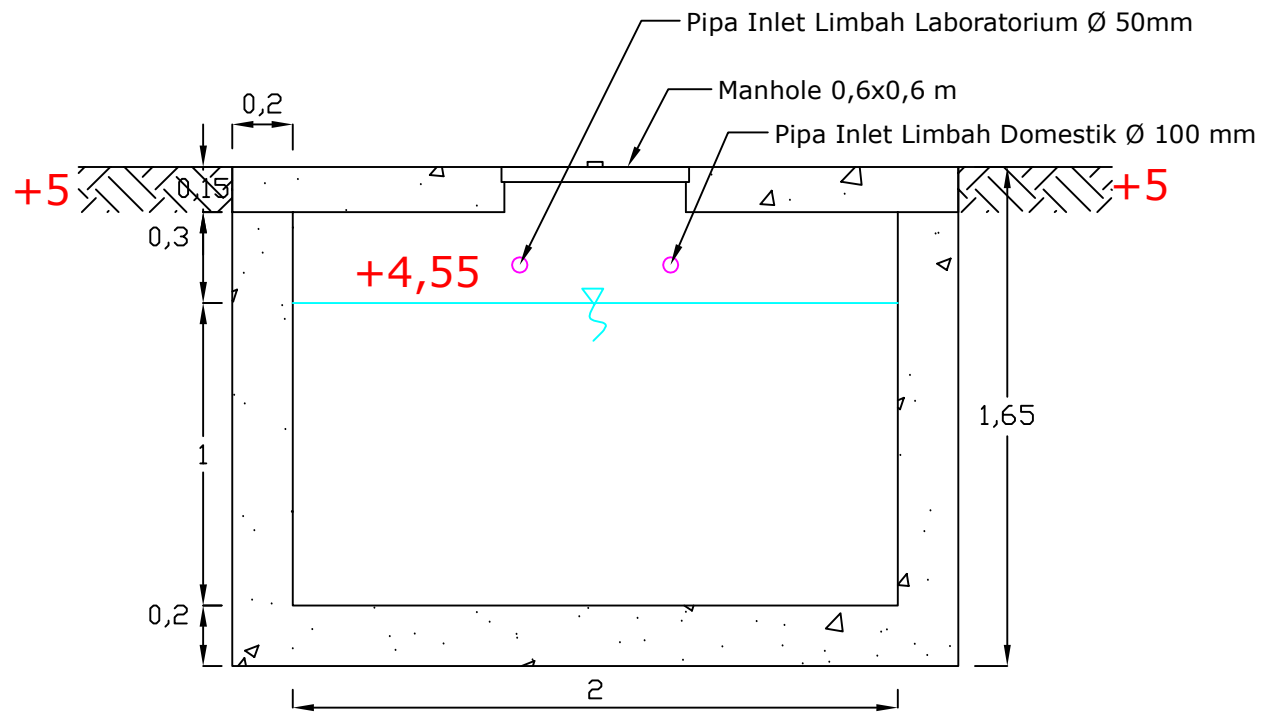
Skala

1 : 80

Nomor Gambar

5





Departemen Teknik Lingkungan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember
Surabaya

Tugas Akhir

Perancangan Sistem Pengolahan A
Limbah pada Gedung Perkantoran
(Studi Kasus: MIPA Tower ITS
Surabaya)

Nama Mahasiswa

Rizky Raishsha Yasmine
(NRP. 3313 100 028)

Dosen Pembimbing

Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D
(NIP. 19620816 199003 1 004)

Legenda

Judul Gambar

Potongan B-B' *Grease Trap* -
Bak Ekualisasi

Skala

1 : 25

Nomor Gambar

6



Departemen Teknik Lingkungan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember
Surabaya

Tugas Akhir

Perancangan Sistem Pengolahan Air Limbah pada Gedung Perkantoran
(Studi Kasus: MIPA Tower ITS
Surabaya)

Nama Mahasiswa

Rizky Raissya Yasmine
(NRP. 3313 100 028)

Dosen Pembimbing

Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D
(NIP. 19620816 199003 1 004)

Legenda

Judul Gambar

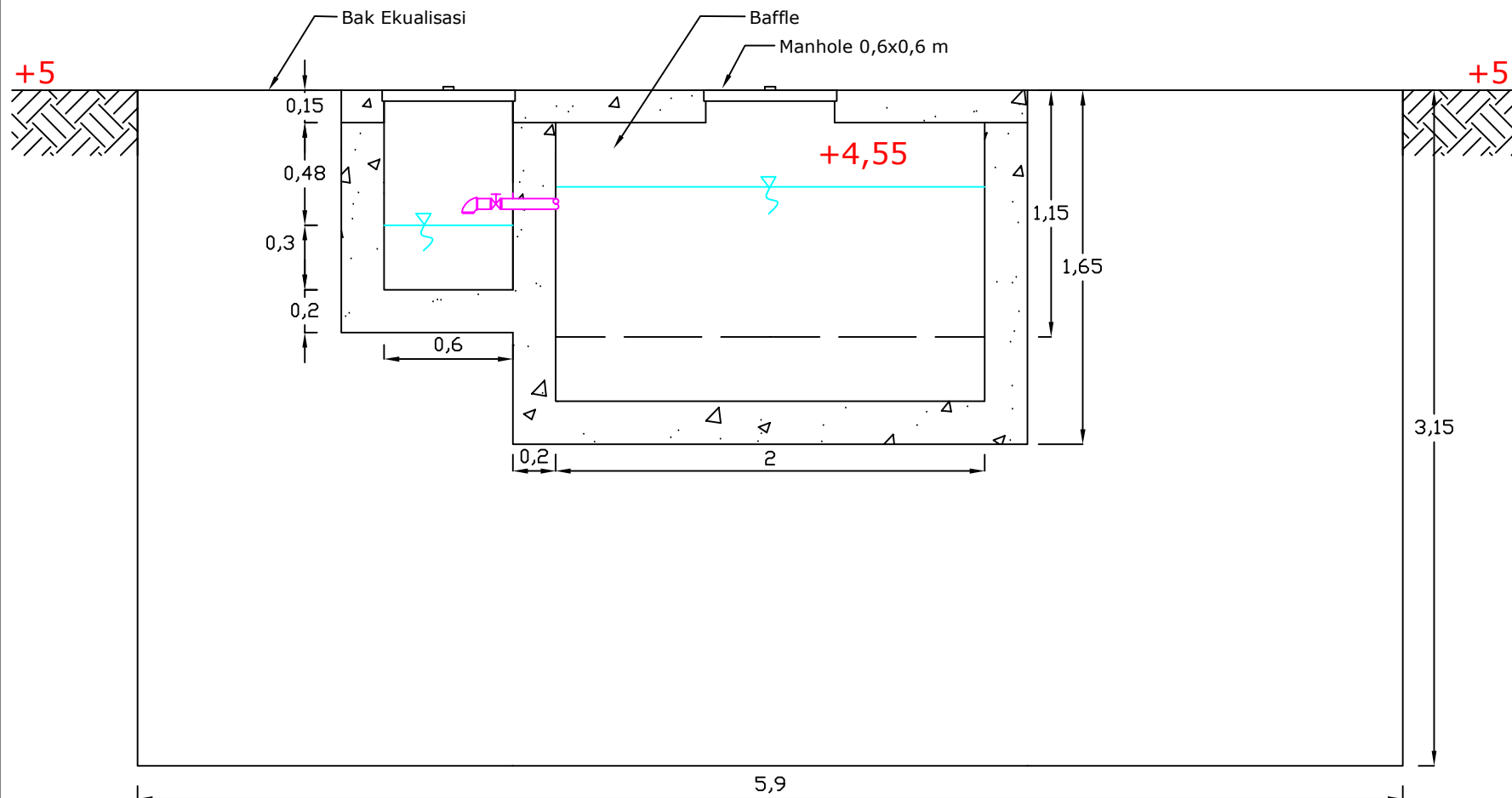
Potongan C-C' Grease Trap -
Bak Kontrol

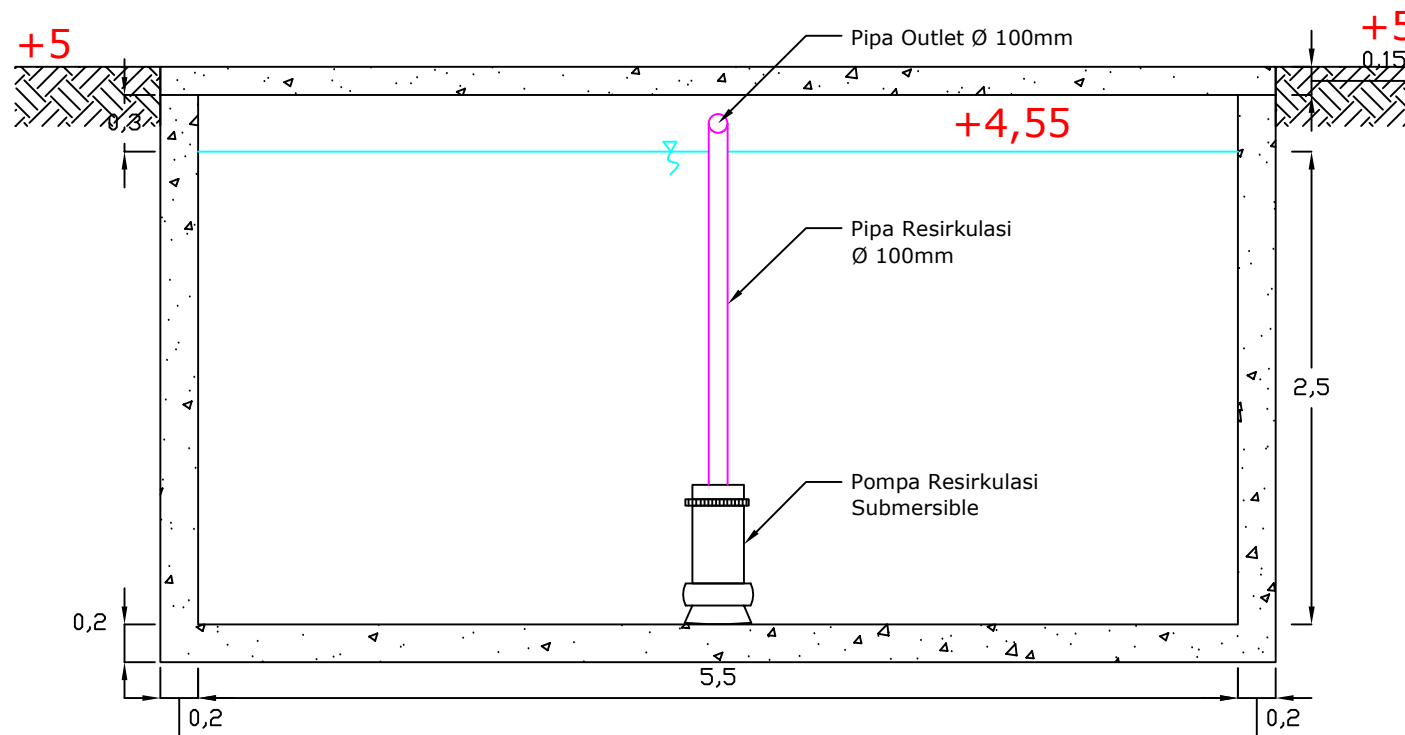
Skala

1 : 30

Nomor Gambar

7





Departemen Teknik Lingkungan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember
Surabaya

Tugas Akhir

Perancangan Sistem Pengolahan Air
Limbah pada Gedung Perkantoran
(Studi Kasus: MIPA Tower ITS
Surabaya)

Nama Mahasiswa

Rizky Raisssha Yasmine
(NRP. 3313 100 028)

Dosen Pembimbing

Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D
(NIP. 19620816 199003 1 004)

Legenda

Judul Gambar

Potongan D-D' Grease Trap -
Bak Ekualisasi

Skala

1 : 40

Nomor Gambar

8



Departemen Teknik Lingkungan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember
Surabaya

Tugas Akhir

Perancangan Sistem Pengolahan Air
Limbah pada Gedung Perkantoran
(Studi Kasus: MIPA Tower ITS
Surabaya)

Nama Mahasiswa

Rizky Raissya Yasmine
(NRP. 3313 100 028)

Dosen Pembimbing

Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D
(NIP. 19620816 199003 1 004)

Legenda

Judul Gambar

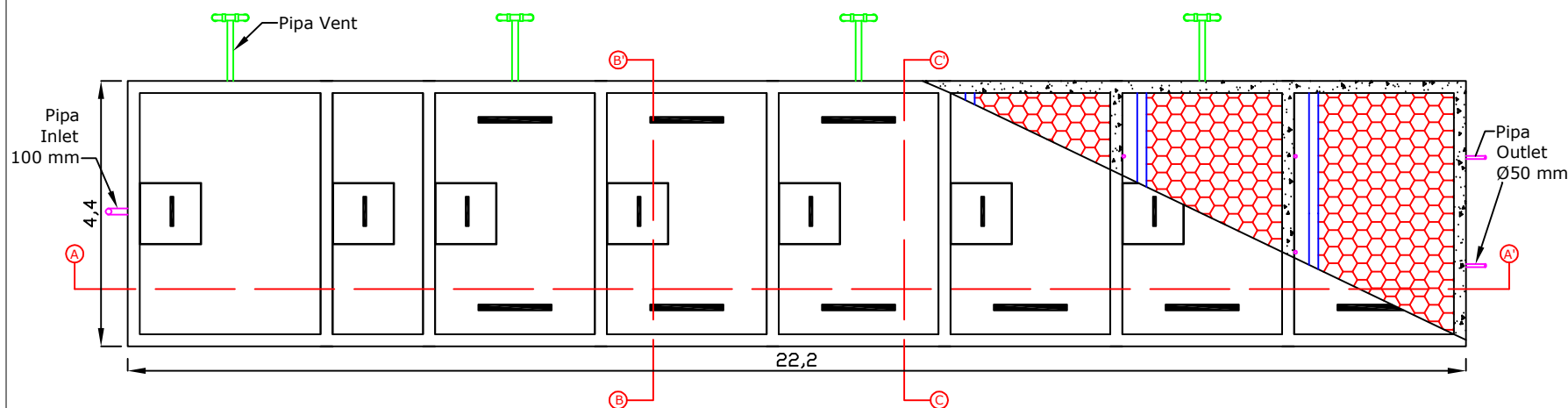
Tampak Atas Tangki Septik
Terintegrasi *Anaerobic*
Filter

Skala

1 : 110

Nomor Gambar

9





Departemen Teknik Lingkungan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember
Surabaya

Tugas Akhir

Perancangan Sistem Pengolahan Air Limbah pada Gedung Perkantoran
(Studi Kasus: MIPA Tower ITS
Surabaya)

Nama Mahasiswa

Rizky Raishsha Yasmine
(NRP. 3313 100 028)

Dosen Pembimbing

Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D
(NIP. 19620816 199003 1 004)

Legenda

Judul Gambar

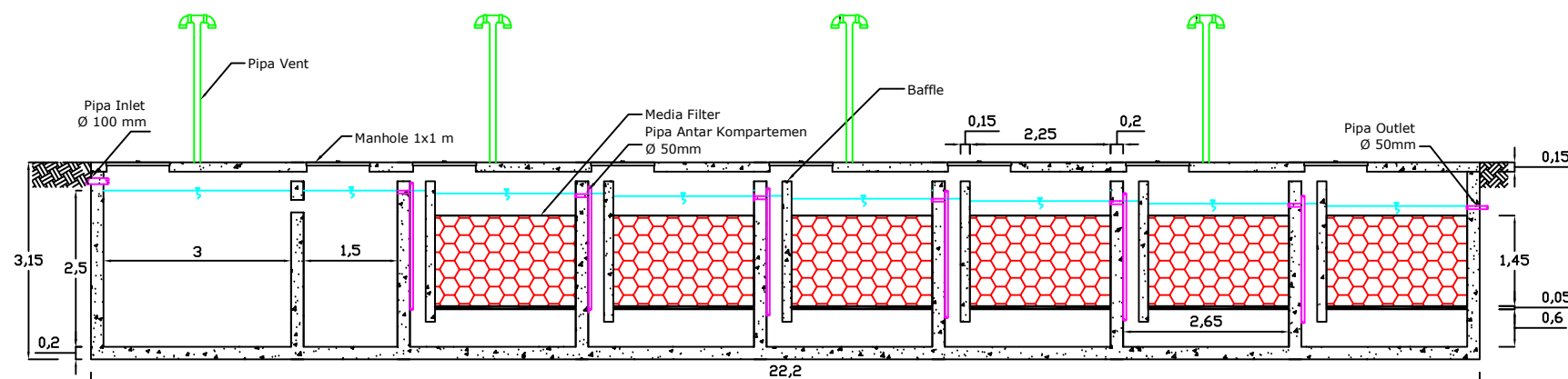
Potongan A - A' Tangki Septik
terintegrasi *Anaerobic Filter*

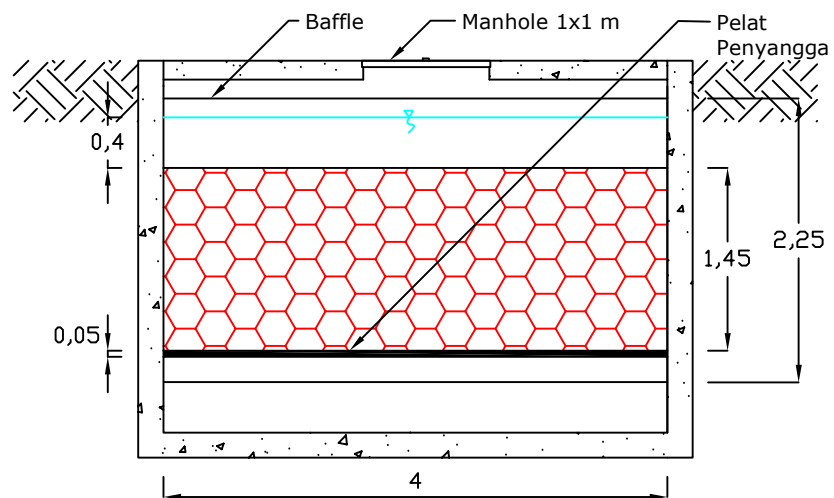
Skala

1 : 110

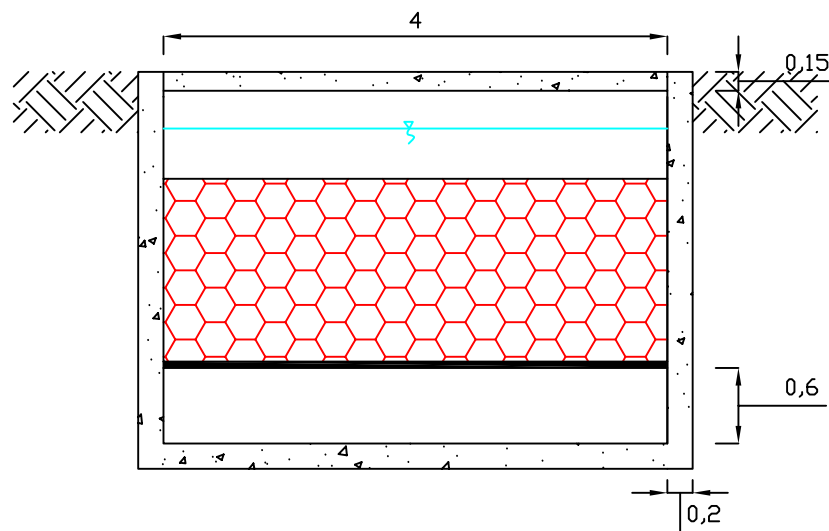
Nomor Gambar

10





**Potongan B - B' Tangki Septik terintegrasi
*Anaerobic Filter***



**Potongan C - C' Tangki Septik terintegrasi
*Anaerobic Filter***



Departemen Teknik Lingkungan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember
Surabaya

Tugas Akhir

Perancangan Sistem Pengolahan A
Limbah pada Gedung Perkantoran
(Studi Kasus: MIPA Tower ITS
Surabaya)

Nama Mahasiswa

Rizky Raishsha Yasmine
(NRP. 3313 100 028)

Dosen Pembimbing

Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D
(NIP. 19620816 199003 1 004)

Legenda

Judul Gambar

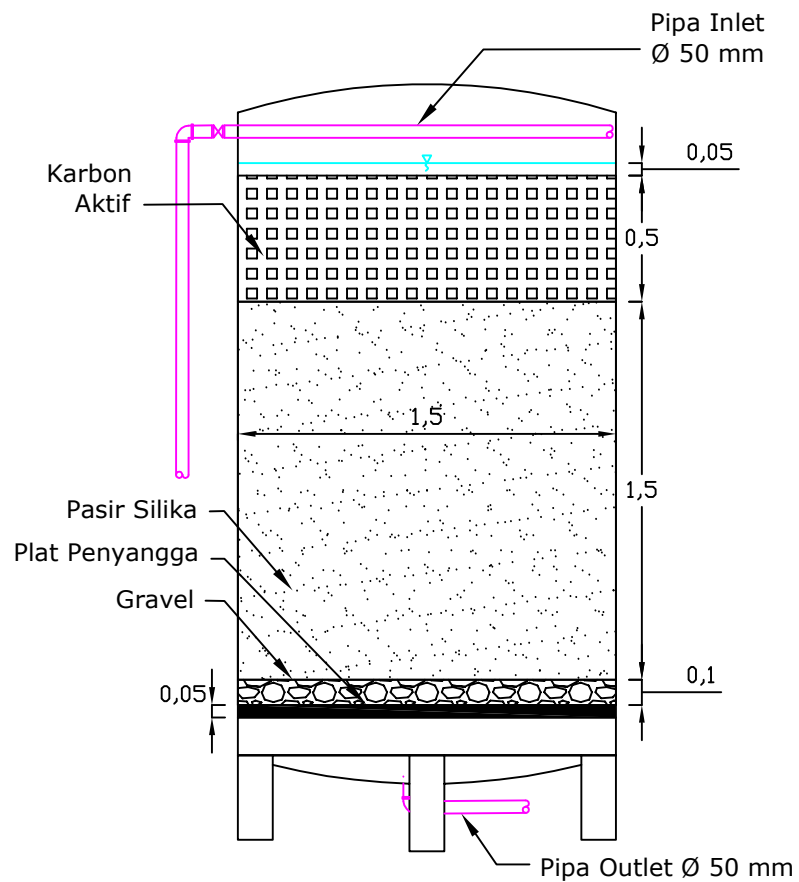
Potongan B - B' dan C - C' Tangki
Septik terintegrasi *Anaerobic Filte*

Skala

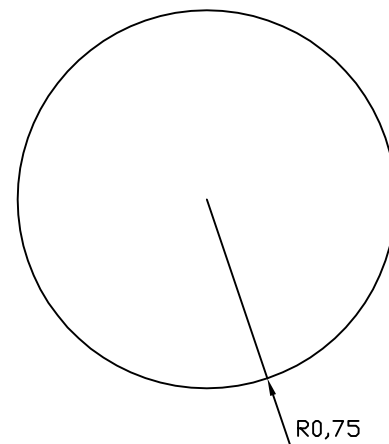
1 : 60

Nomor Gambar

11



Potongan Filter



Tampak Atas Filter



Departemen Teknik Lingkungan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember
Surabaya

Tugas Akhir

Perancangan Sistem Pengolahan Air
Limbah pada Gedung Perkantoran
(Studi Kasus: MIPA Tower ITS
Surabaya)

Nama Mahasiswa

Rizky Raishsha Yasmine
(NRP. 3313 100 028)

Dosen Pembimbing

Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D
(NIP. 19620816 199003 1 004)

Legenda

Judul Gambar

Tampak Atas dan Potongan Filter

Skala

1 : 30

Nomor Gambar

12

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Surabaya pada tanggal 16 Maret 1995, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis memulai pendidikan dasarnya di SD Bina Insani Kota Bogor tahun 2001 – 2007, kemudian melanjutkan pendidikan menengah tingkat pertama di SMP Negeri 4 Kota Bogor tahun 2007 – 2010. Pendidikan menengah tingkat atas ditempuh di SMA Negeri 3 Kota Bogor tahun 2010 – 2013 untuk program IPA, kemudian melanjutkan pendidikan sarjana (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan tercatat sebagai mahasiswa dengan NRP 3313 100 028 pada tahun 2013.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia di berbagai kegiatan kampus, baik di tingkat jurusan maupun di tingkat institut. Penulis juga aktif berorganisasi dengan menjadi *staff* divisi bakti lingkungan Kelompok Pecinta dan Pemerhati Lingkungan (KPPL) HMTL periode kepengurusan 2014/2015, dan kepala divisi komunikasi dan informasi Kelompok Pecinta dan Pemerhati Lingkungan (KPPL) HMTL periode kepengurusan 2015/2016. Selain itu, penulis juga bergabung dalam tim tari tradisional saman Teknik Lingkungan selama dua tahun. Penulis telah melaksanakan kerja praktek di PDAM Kota Denpasar selama satu bulan pada tahun 2016. Penulis dapat dihubungi melalui *e-mail*: raisssha16@gmail.com.